

كلية الهندسة البترولية
السنة الخامسة
2024-2025



الحفر البحري

القسم النظري

مدرس المقرر
د. عبدالستار الكحيل





مكتبة
NOFAL
نوفل

فرع حماة: المدينة – مقابل مدرسة الراهبات
فرع الجامعة العربية للعلوم والتكنولوجيا – تل قرطل

0999860787- 0964783265

الفصل الأول

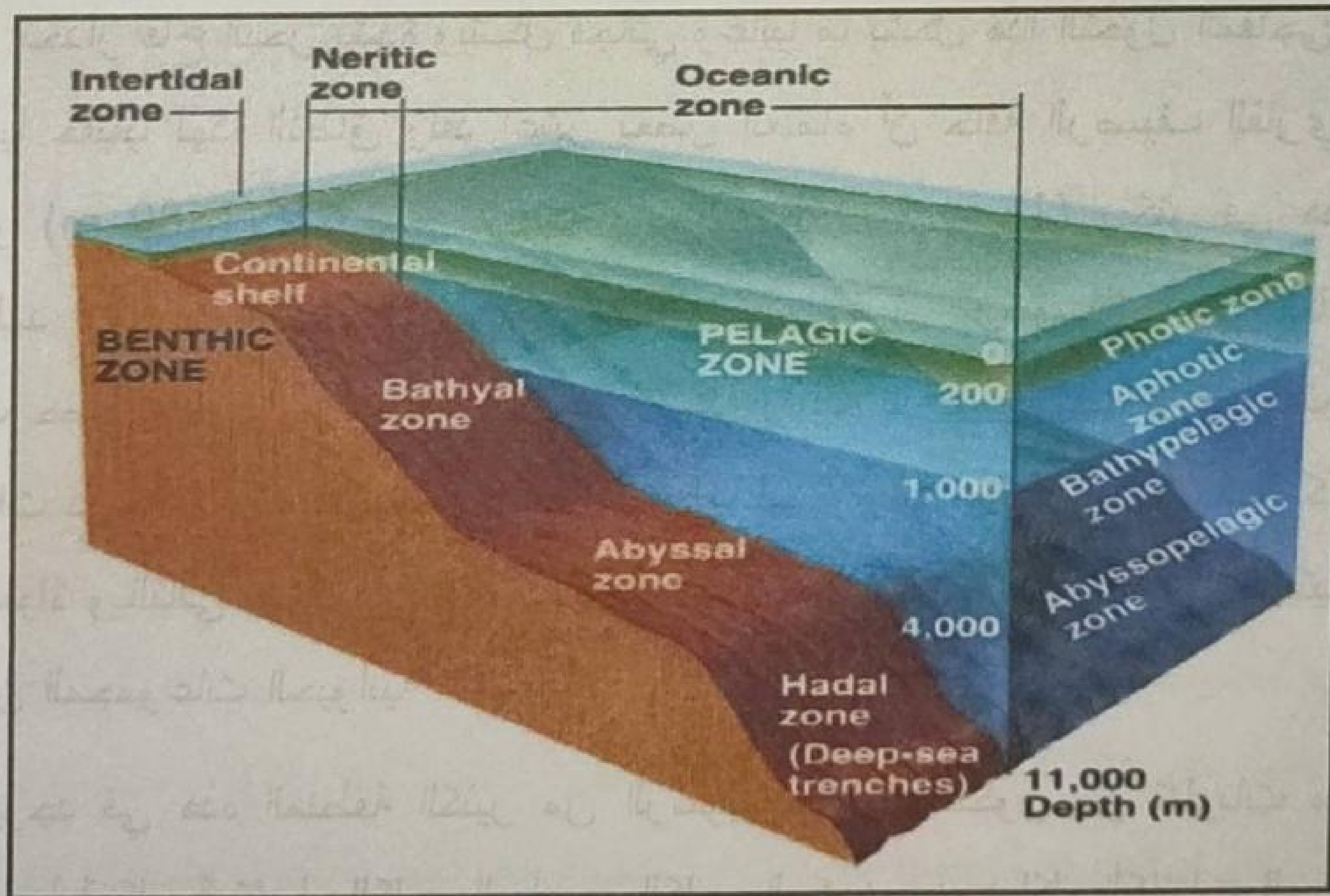
تصنيف منصات الحفر البحري

1-1: مقدمة:

تغطي المياه حوالي(70%) من سطح الأرض ويحتمل أن تكون في الأزمنة القديمة قد غطت مساحات واسعة جداً وتتباين المساحة التي تشغلها المحيطات ما بين نصفي الكرة الأرضية حيث تتركز المحيطات في نصف الكرة الجنوبي بالموازنة مع يابسة هذا النصف بينما تتركز اليابسة في نصف الكرة الشمالي بالمقارنة مع النصف الجنوبي مع ذلك تبقى مساحة اليابسة أقل من مساحة المحيطات في نصفي الكرة الأرضية ويلاحظ في نصف الكرة الشمالي أن اليابسة تشغل ما نسبته (39.3%) من مساحة هذا النصف بينما تشغل المحيطات ما نسبته (60.7%) من مساحة هذا النصف بينما في نصف الكرة الجنوبي تشغل المحيطات ما نسبته (81%) من مساحة هذا النصف بينما تشغل اليابسة ما نسبته (19%) فقط من مساحة هذا النصف ولهذا الأمر انعكاسات مهمة على طبيعة العلاقة ما بين اليابسة والماء.

2-1: البيئات البحرية:

يوضح الشكل (1-1) توزع هذه البيئات:



الشكل (1-1) يبين نطاقات البيئة البحرية

الرصيف القاري: Continental shelf ، المنطقة الضحلة: Bathyal zone

منطقة الرواسب الغروية (بيئة الأعماق): Abyssal zone ، منطقة الأعماق السحيقة: Hadal zone

تختلف شروط الترسيب البحري اختلافاً واسعاً بحسب شروط بيئاتها ولقد استخدم العلماء في تحديد البيئات البحرية معايير مختلفة وأهمها العمق ووفقاً لذلك يمكن تمييز أربعة نطاقات بيئية تتدرج حسب تزايد العمق وهي على التولي:

a) البيئة الشاطئية:

وهي المنطقة التي تقع بين البحر واليابسة وتعتبر جزءاً من اليابسة عندما تنحسر عنها المياه بفعل عملية الجزر وتعود فتصبح جزءاً من البحر حين تغمرها المياه بفعل عملية المد ويصل عرض هذه البيئة إلى أكثر من (8) أميال (12.875 km).

تختلف بيئات الترسيب تبعاً للشكل التضاريسي فهناك الشاطئ شديد الانحدار ويكون هذا النوع غير مناسب للترسيب ، وهناك الشاطئ المنخفض حيث تنحدر أرضيته بشكل لطيف نحو البحر وتتمثل بقاع حوض رسوبي يتعرض للشمس والهواء والأمطار وتطغى عليه مياه البحر وأمواجه لذلك تصعب الحياة فيها وتعمل الأمواج في أثناء المد على تفتيت الصخور ونقلها إلى أماكن أكثر هدوءاً ولذلك يتميز الشاطئ بوجود نتوءات صخرية عارية صقلت سطحها الأمواج.

b) البيئة الضحلة:

وهي جزء من البحر يقع بين الحد الأدنى لعملية الجزر وحافة الرصيف القاري والتي يزداد بدءاً منها انحدار قاع البحر بشدة وبشكل فجائي وغالباً ما يشكل هذا التحول المفاجئ في العمق حداً طبيعياً حقيقياً لهذا النطاق ولقد اعتبر بعض العلماء أن حافة الرصيف القاري تقع على عمق نحو (1500 m) ويتراوح عرضه مابين(15 – 300 Km) وتكثر في هذه المنطقة تيارات المد والجزر والأمواج مما يؤدي إلى نقل وفرز الرسوبيات على القاع وتبتدئ برسوبيات حصوية قريباً من الشاطئ وتتحول إلى رملية ثم طينية كلما توغلنا باتجاه الداخل وإن تغيرات درجة الحرارة وتغيرات شدة اختراق الضوء لها وتوفر الأوكسجين كلها شروط ملائمة للحياة وبالتالي توجد في هذه المنطقة الكثير من الأشنيات والأشكال النباتية الأخرى والكثير من المجموعات الحيوانية المتنوعة.

وبالتالي يوجد في هذه المنطقة الكثير من الرسوبيات حيث تتكون من تناوبات من طبقات غضارية رملية كلسية تشمل الكلس المبلور والكلس المكون من هياكل الكائنات الحية وفتاتات الأرصفة المرجانية و بالتالي تتوفر في هذه المنطقة الشروط المناسبة لتجمع كميات من المواد العضوية ثم تحولها إلى هيدروكربونات متنوعة (نفطية وغازية).

c) بيئة الأعماق و الأعماق السحيقة:

وتقع هذه المنطقة بين حافة المنحدر القاري من الأعلى حتى العمق حوالي (2000 m) ويتراوح عرض هذه المنطقة ما بين (15 – 150 Km) ويتميز هذا المنحدر بشدة انحداره في الجزء العلوي (نطاق الأعماق) ويصبح الانحدار أخف في الجزء السفلي (الأعماق السحيقة) وتكون هذه البيئات ملائمة لحياة الكائنات الطافية (البلانكتون) وتعد وسطاً هاماً لترسب هذه الأوحال العضوية البحرية والرسوبيات الغضارية.

1-3: أهم الاكتشافات البحرية في العالم:

بدأ الإنتاج من الحقول البحرية في أوائل الأربعينيات من القرن الماضي وازداد الإنتاج من نحو مليون برميل يومياً في الستينيات إلى أكثر من(25) مليون برميل يومياً في وقتنا الحالي وهذا يمثل ثلث إنتاج العالم من النفط الخام وتحتل منطقة الخليج العربي والشرق الأوسط المرتبة الأولى في قائمة المناطق المنتجة للنفط الخام من الحقول البحرية بإنتاج زاد عن (5) مليون برميل من النفط ، وتنتج السعودية أكثر من نصفها ثم بحر الشمال وغرب أفريقيا وخليج المكسيك وآسيا واستراليا والبرازيل والصين وروسيا ، ومن إجمالي النفط الخام المنتج من الحقول البحرية فإن حقول المياه الضحلة تنتج أكثر من (20) مليون برميل يومياً بينما تنتج حقول المياه العميقة والعميقة جداً نحو (3.5) مليون برميل يومياً أما الإنتاج من الغاز الطبيعي في الآبار البحرية فقد فاق(1.5) مليون برميل يومياً وبشكل رئيسي من المياه الضحلة قبالة السواحل.

وليس من قبيل المصادفة أن أكبر مناطق العالم إنتاجاً للنفط من الحقول البحرية لديها أيضاً أنظمة بترولية برية غنية ، فمنطقة الخليج العربي والشرق الأوسط هي من أكبر المناطق المنتجة للنفط في العالم ويتركز فيها أكبر احتياطي نفطي في العالم ، وغرب أفريقيا التي تنتج أساساً النفط والغاز تمتلك أيضاً احتياطات كبيرة في المناطق البرية ، وكذلك خليج المكسيك الذي يعد منطقة حقول بحرية من الطراز الأول والذي يحيط به كل من الولايات المتحدة الأمريكية والمكسيك اللتين تمتلكان أنظمة بترولية برية كبيرة أيضاً ، أما بحر الشمال والبرازيل فهما من فئة خاصة لأن معظم احتياطي النفط والغاز فيهما موجود في البيئات البحرية أما مناطق الصين وروسيا فهي تشترك في الخصائص التالية: المناطق البرية تحتوي على كميات كبيرة من الاحتياطات والإنتاج ، وإنتاج النفط من حقولها البحرية إما منخفض أو ينمو بمعدل بطيء.

4-1: لمحة موجزة عن بدايات الحفر البحري:

في بدايات الحفر البحري تم استخدام الحفر الموجه للوصول إلى مكامن المركبات الهيدروكربونية الموجودة في قاع المحيطات البحرية ، ولكن البعد المتزايد للمكامن أوجب البحث عن حلول تسمح بالحفر في المناطق العميقة.

- **الرصيف القاري:**

تم في البداية اللجوء إلى إنشاء رصيف قاري يداخل البحر من خلال ردم البحر وتشكيل رصيف صخري ذو سماكة محدودة ولكنه يمتد إلى مسافة كبيرة ، وفي الطرف النهائي لهذا الرصيف يتم إنجاز عدد من الآبار المائلة في مختلف الاتجاهات بحيث يمكن من خلالها تغطية كامل مساحة المكمن ، وقد حفرت أول بئر بهذه الطريقة عام (1890) في المحيط الهادئ أمام شواطئ كاليفورنيا.

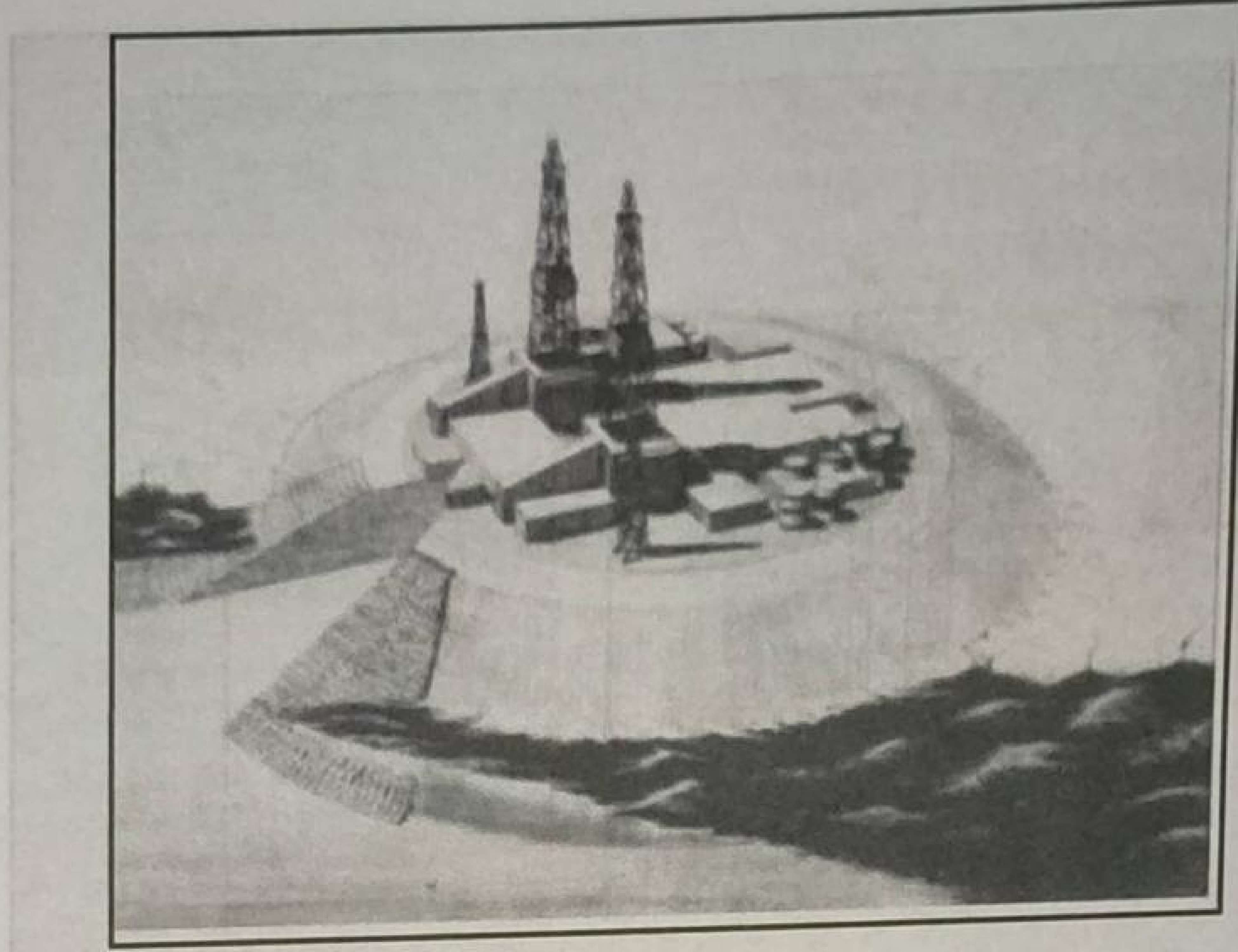
- **جزر الحفر الاصطناعية:**

مع زيادة سماكة المياه كلما ابتعدنا عن الشاطئ يصبح من الصعب إنشاء الأرصفة القارية لذلك تم بناء جزر الحفر الاصطناعية والتي يتم إنشاؤها في المناطق المائية ذات السماكة القليلة باستخدام الحصى والرمل الموجود في المناطق القريبة بالإضافة إلى الكتل الصخرية التي تنقل من اليابسة بواسطة سفن نقل خاصة ، ولكن عملية بناء هذه الجزر يستغرق زمناً طويلاً حيث يتم رفعها في البداية فوق سطح الماء ما يقارب (2 m) وتترك خلال فصل شتاء كامل لتحديد مدى مقاومتها ، يتم بعد ذلك رفعها فوق سطح الماء وفقاً للظروف الجوية في المنطقة وتبعاً لشدة العواصف والرياح وارتفاع الأمواج.

و تكون عمليات الحفر على الجزيرة مشابهة تماماً لنظيرتها على اليابسة باستثناء أن الآبار تكون موجهة لتغطية أكبر مساحة ممكنة من المكمن والشكل(1-2) يبين هذه الجزر.

ومع زيادة الطلب على الطاقة ولاسيما الهيدروكربونية من نفط وغاز كان لا بد من توسيع نطاق البحث والتغلغل داخل البحار للبحث عنها في مناطق الأعماق السحيقة ، وهذا ما استدعى التفكير في إنشاء وحدات حفر ذات أشكال مختلفة تصمم وفقاً لظروف منطقة الحفر كعمق المياه والعوامل الجوية وغيرها.

ويطلب من هذه الوحدات أن تحقق توازناً جيداً في ظروف مناخية سيئة بالإضافة إلى سطح عمل كافٍ لتوضع كامل المعدات اللازمة لعمليات الحفر وإتاحة المجال لحركة العمال على سطح المنصة ، وتصمم أيضاً لتكون ذات سرعة حركة جيدة بأقل كلفة ممكنة.



الشكل (1-2) يبين جزيرة حفر اصطناعية

إن ميلاد الصناعة البحرية كان في عام 1947م عندما تم صناعة أول منصة بحرية بنجاح وإكمال أول بئر بحرية ناجحة في خليج المكسيك على عمق (15) قدم من الماء في ولاية لويزيانا الأمريكية ، إن هذه المنصة تميزت بسطح مساحته (22 x 12 m) وتم تثبيت هذه المنصة عن طريق ركائز تم غرسها في القاع ثلاثون متراً.

ومنذ هذا التاريخ تطورت المنصات بشكل كبير وأصبحت أكثر قدرة على العمل في سماكات مياه أكبر وفي ظروف مناخية وشدة أمواج أكثر قساوة.

كلما زاد عمق المياه أصبحت المنصات الثابتة أكثر كلفة وأكثر صعوبة في الإرساء في البحر وبناءً على ذلك فقد تم إنجاز تصاميم مختلفة من هذه المنصات (المنصات المرنة – المنصات الإسمنتية – المنصات العائمة) ، وسوف نقوم لاحقاً بشرح أنواع منصات الحفر المستخدمة في الحفر البحري أو ما يسمى (Offshore Drilling Rig).

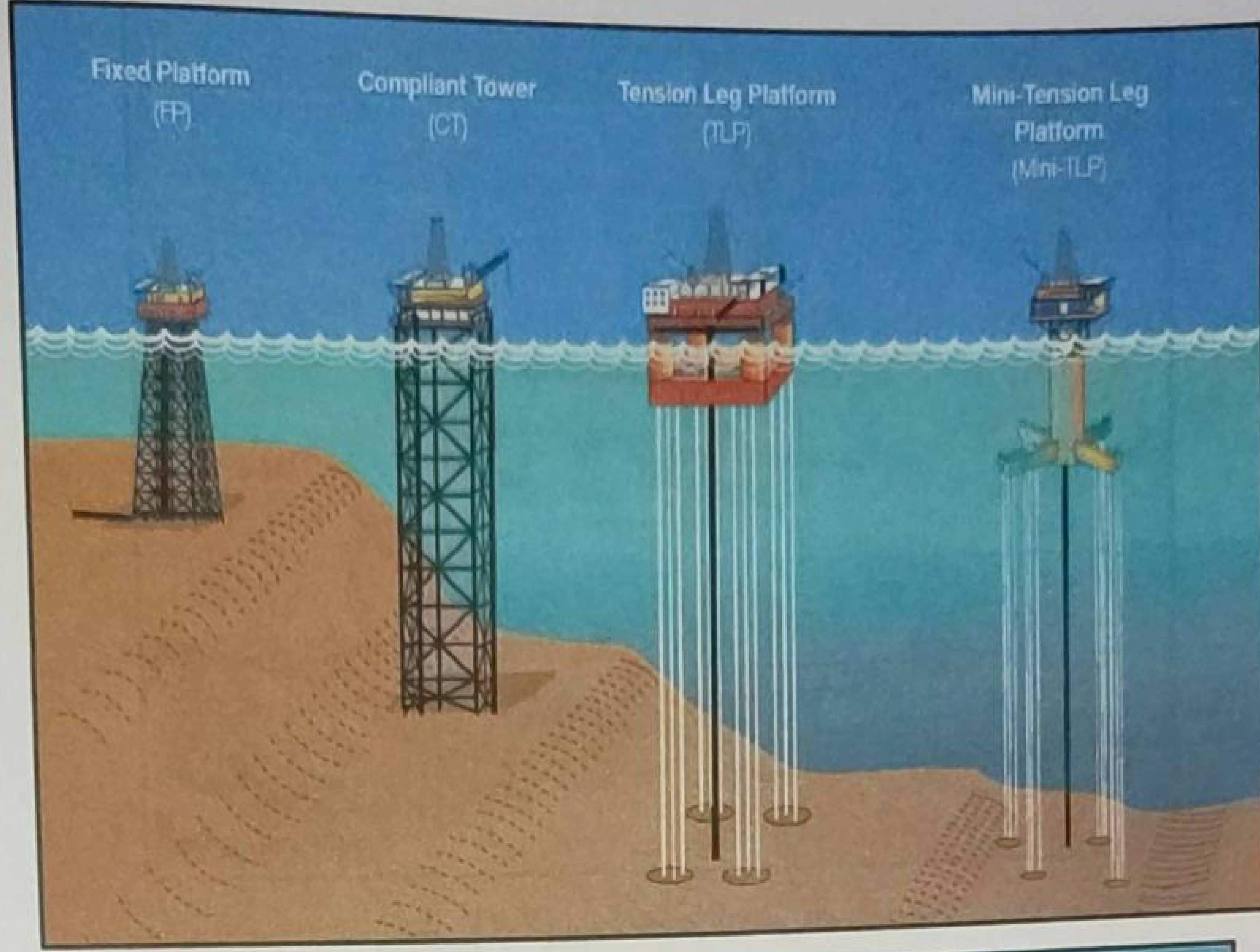
1-5: الحفر البحري (Offshore Drilling):

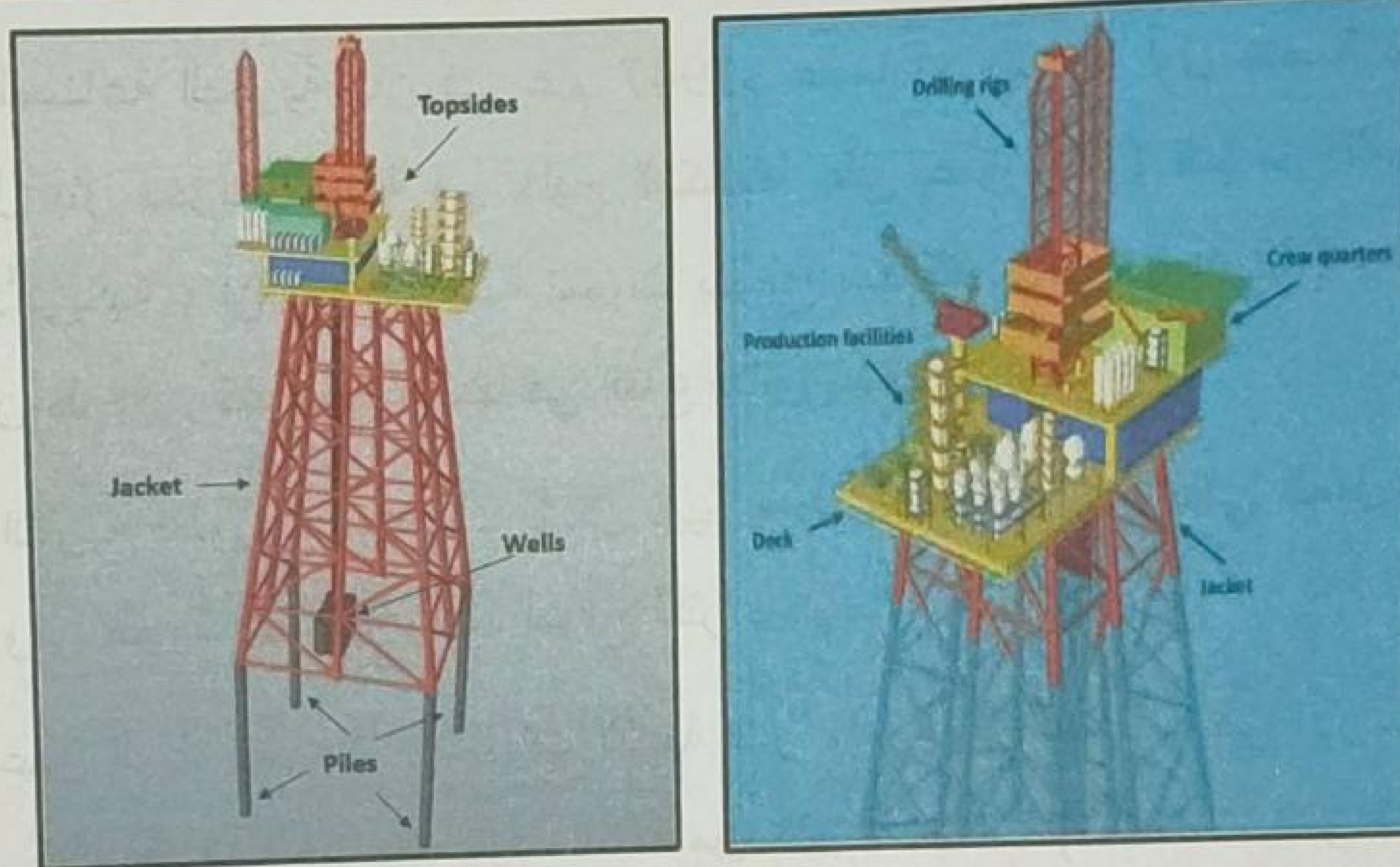
تقسم طرق حفر الآبار حسب طبيعة موقع الحفر إلى:

- الحفر على اليابسة Onshore Drilling
- الحفر البحري Offshore Drilling

1-5-1: المكونات الأساسية لمنصات الحفر البحري:

بشكل عام تتألف المنصات البحرية ، الشكل (1-3) ، من مكونين أساسيين:





الشكل (1-3) يبين المكونات الأساسية لبعض وحدات الحفر البحري

<u>أولاً: مرافق ومنشآت الحفر والتشغيل:</u>

وهي تعرف أحياناً باسم الجوانب العليا وتضم:

- معدات وحدة الحفر وبرجها ومعدات معالجة النفط والغاز ومضخات النقل.
- منافع وأماكن معيشة لعدد من العمال يصل إلى 300 عامل.
- تحتوي كافة المنصات البحرية الكبرى مهبط للطائرات العمودية.

بعد أن تتم معالجة النفط يجري ضخه مباشرة إلى الشاطئ بواسطة أنابيب تحت بحرية أو يتم تخزينه حتى يمكن نقله بواسطة ناقلات النفط.

يصل وزن منشآت الجوانب العليا للمنصات البحرية العملاقة إلى (40000 Ton) ، والمساحة الإجمالية لأرضيتها إلى حوالي ($40000\ m^2$) ، ويجب وضع هذه المنشآت الضخمة على مستوى أعلى من مستوى قمة أعلى موجة (الموجة المتوقع حدوثها مرة كل مئة سنة).

ثانياً: منشآت الدعم وأساساتها:

يجب على هذه المنشآت تأمين سلامة منشآت الجوانب العليا ضد عوامل الرياح والأمواج والتيارات والهزات الزلزالية.

يؤخذ بعين الاعتبار أثناء تصميم هذه المنشآت حالتين حرجتين للأمواج:

- الموجة القصوى: التي يمكن أن تأتي كحدث فريد خلال حياة المشروع وتحدد هذه الموجة التي يمكن التنبؤ بها القوة القصوى للمنشأة.
- التأثير التراكمي للملايين العديدة من الأمواج خلال السنة والتي يحدث أن يتفق ترددها مع التردد الرئيسي لذبذبة المنصة نفسها ، وبالتالي حدوث ظاهرة الطنين وانهيار المنشأة.

6-1: تصنيف المنصات البحرية وفق المهمة الموكلة إليها:

تصنف المنصات البحرية وفقا للمهمة الموكلة إليها:

1- وحدات الحفر والاستكشاف البحرية:

تقوم هذه الوحدات بحفر الآبار الاستكشافية وبعد التأكد من وجود النفط بكميات اقتصادية تتابع مهمتها في حفر شبكة من الآبار لاستثمار المكمن البحري.

يجب أن تؤمن هذه الوحدات سطح عمل كافٍ لوضع كل المعدات اللازمة لعمليات الحفر والاستكشاف ، وتصمم أيضاً لتأمين سرعة حركة جيدة بحد أدنى من الكلفة.

إن أكثر وحدات الحفر البحري شهرة هي:

- سفينة الحفر البحري (Drillship).
- المنصات ذاتية الرفع (Jack Up).
- المنصات نصف انغمارية (Semi-Submersible).
- المنصات الانغمارية (Submersible).

تتميز هذه المنصات بتصميم خاص لكل منها يسمح لها بعد انتهاء عمليات الحفر أن تتحرك إلى موقع آخر من المكمن البحري وتنفيذ عمليات الحفر فيه ، ويمكن لبعض وحدات الحفر البحري أن يتم تعديلها لتصبح وحدات إنتاجية.

تعتبر سفن الحفر البحري الأكفأ من حيث القدرة على إنجاز مهمتها في الحفر ثم الانتقال إلى موقع آخر وذلك نتيجة لوجود كل المعدات اللازمة على سطحها ويتم تعزيز هذه الميزة من خلال نظام التوازن الديناميكي في هذه السفن عوضاً عن نظام الإرساء عن طريق المراسي ولكن يجب الانتباه إلى محدودية العمل في الظروف المناخية السيئة كالعواصف في المحيطات.

2- وحدات الإنتاج البحري:

يجب أن تبقى هذه الوحدات الإنتاجية البحرية في مكانها طول فترة الإنتاج من المكمن وهي بشكل وسطي(20-30) سنة.

إن الإنتاج من الآبار البحرية يمكن أن يتم عن طريق شجرة ميلاد مركبة على القاع وهنا تستخدم ماسورة صاعدة مرنة والتي تتكيف مع حركية المنصات العائمة بشكل عام ، أما في حال تركيب شجرة الميلاد على سطح المنصة يحتم استخدام ماسورة صاعدة عمودية والتي يجب ألا تتحرك عن الشاقول بشكل كبير وهنا لابد من استخدام المنصات الإنتاجية الثابتة (غير العائمة).

بشكل عام يفضل تركيب معدات الإنتاج ومعدات فوهة البئر على قاع البحر ، ويعتبر أكثر فعالية خاصة على الأعماق التي تزيد عن (180 متر) وذلك للأسباب التالية:

- وجودها على القاع يقلل من عوامل التآكل.
- يلغي تأثير الحمولات المتولدة من الأمواج والرياح.
- يلغي التشويش على البواخر العابرة.
- يلغي إمكانية عطل هذه المعدات في حال اصطدام البواخر بالمنصة.

3- وحدات التخزين البحري:

عبارة عن منشآت بحرية تستطيع تخزين النفط المنتج من الحقل البحري ، والذي يتم نقله فيما بعد من خلال سفن الشحن البحرية.

تصمم وحدات التخزين بحيث تتسع إلى حوالي (15-25) يوم من الإنتاج ، وتعتبر سفن الإنتاج والنقل البحرية ذات أهمية كبيرة لأنها تجمع بين القدرة على الإنتاج من الحقل وتخزين النفط المنتج بحيث نستطيع نقله لاحقاً.

يتم استخدام الأنابيب تحت البحرية في نقل النفط عندما يكون المكمن قريب من الشاطئ بحيث يتم وصل الآبار البحرية إلى المنصات الإنتاجية ومنها إلى الشاطئ ، ولكن عند وجود المكمن بعيداً في عمق المحيط تكون الأنابيب غير اقتصادية لذلك يتم استخدام سفن الشحن البحرية (ناقلات النفط).

7-1: تصنيف المنصات البحرية وفقاً للتصميم الهندسي

1-7-1: المنصات المثبتة في القاع (Bottom supported fixed structures):

يتم تثبيت هذه المنصات في القاع وفق مبدأين رئيسيين:

1- التثبيت ناتج عن وزن (ثقل) المنصة وتسمى المنصات البحرية في هذه الحالة (Gravity Base Structure-GBS).

2- غرس القوائم ضمن قاع المحيط ومن ثم تثبيتها وتدعيمها بالإسمنت.

من أهم أنواع المنصات المثبتة في القاع نذكر:

1-1-7-1: المنصات ذات الشبكة الهيكلية المعدنية (Jacket):

يعد هذا النوع من المنصات الأكثر انتشاراً ويتم استخدامها من أجل عمليات الحفر والإنتاج وتتكون هذه المنصات من عدد من الأنابيب الاسطوانية المتشابكة فيما بينها ، وتحتوي هذه المنصات عادة أربع أو ثمان أرجل يتم تثبيتها في القاع والتي تؤمن استقرارية المنصة وتمنعها من الانقلاب نتيجة الأمواج ، يمكن إضافة دعامات إضافية حول كل رجل وتغرس في القاع كي تزيد من قدرة ثباتية هذه المنصة ، بعض هذه المنصات تحتوي على أرجلاً عريضة كي تساعد المنصة على العوم عند عمليات تثبيتها.

يتم تصنيع هذه المنصات على اليابسة ضمن أحواض خاصة لتصنيع السفن والمنشآت البحرية ويتم نقلها إلى الموقع عن طريق بوارج بحرية عملاقة ويتم تصميم هذه المنصات لتعوم بشكل ذاتي الأمر الذي يساعد كثيراً في عملية تثبيتها.

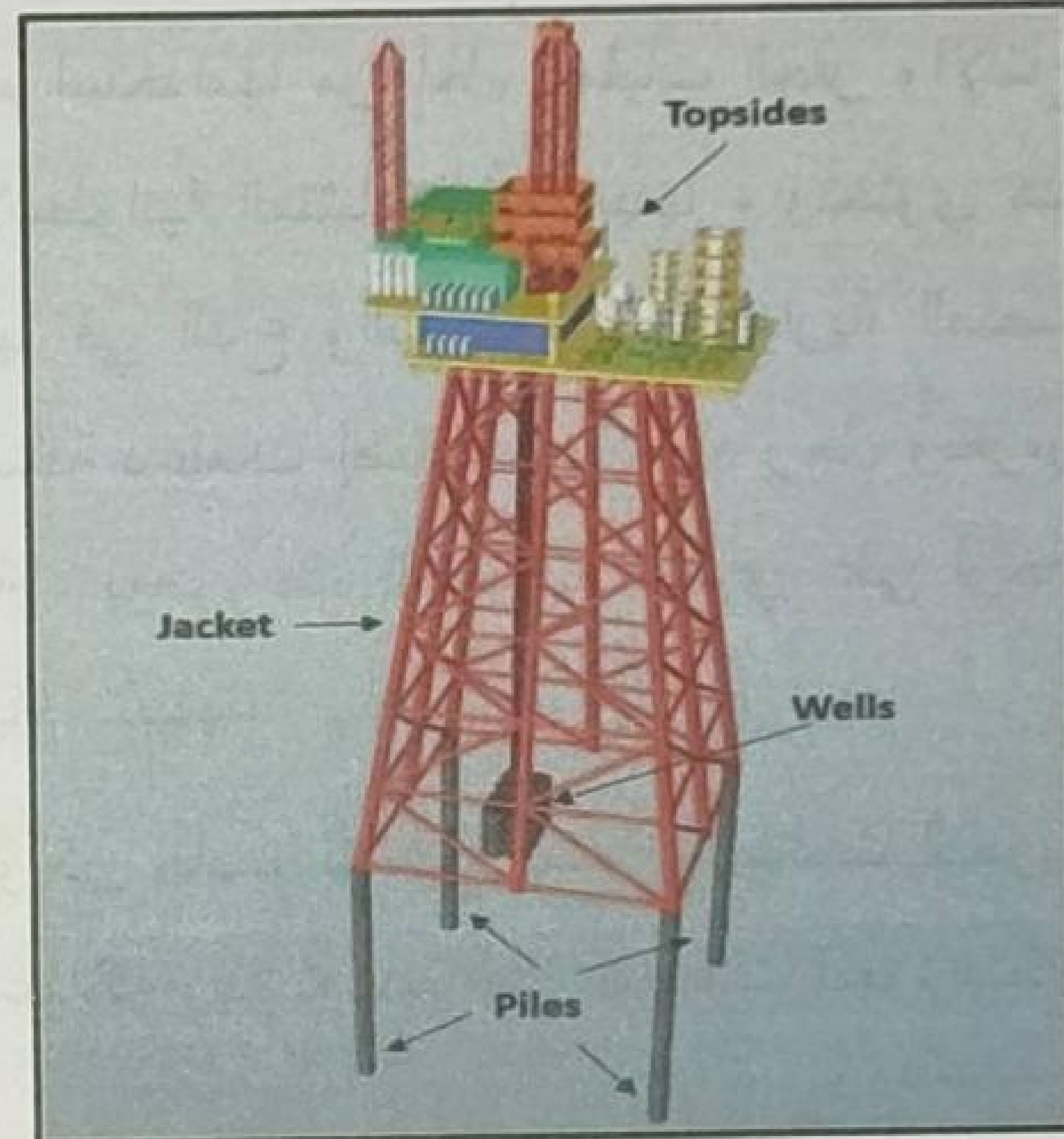
إن مصطلح (Jacket) أتي من كون أن هذه المنصة تشكل غلافاً حول البئر والماسورة الصاعدة وهذه المنصات تحمل عادة فوقها سطح المنصة الذي تتوضع عليه معدات الحفر والإنتاج ومنصة لإصلاح البئر.

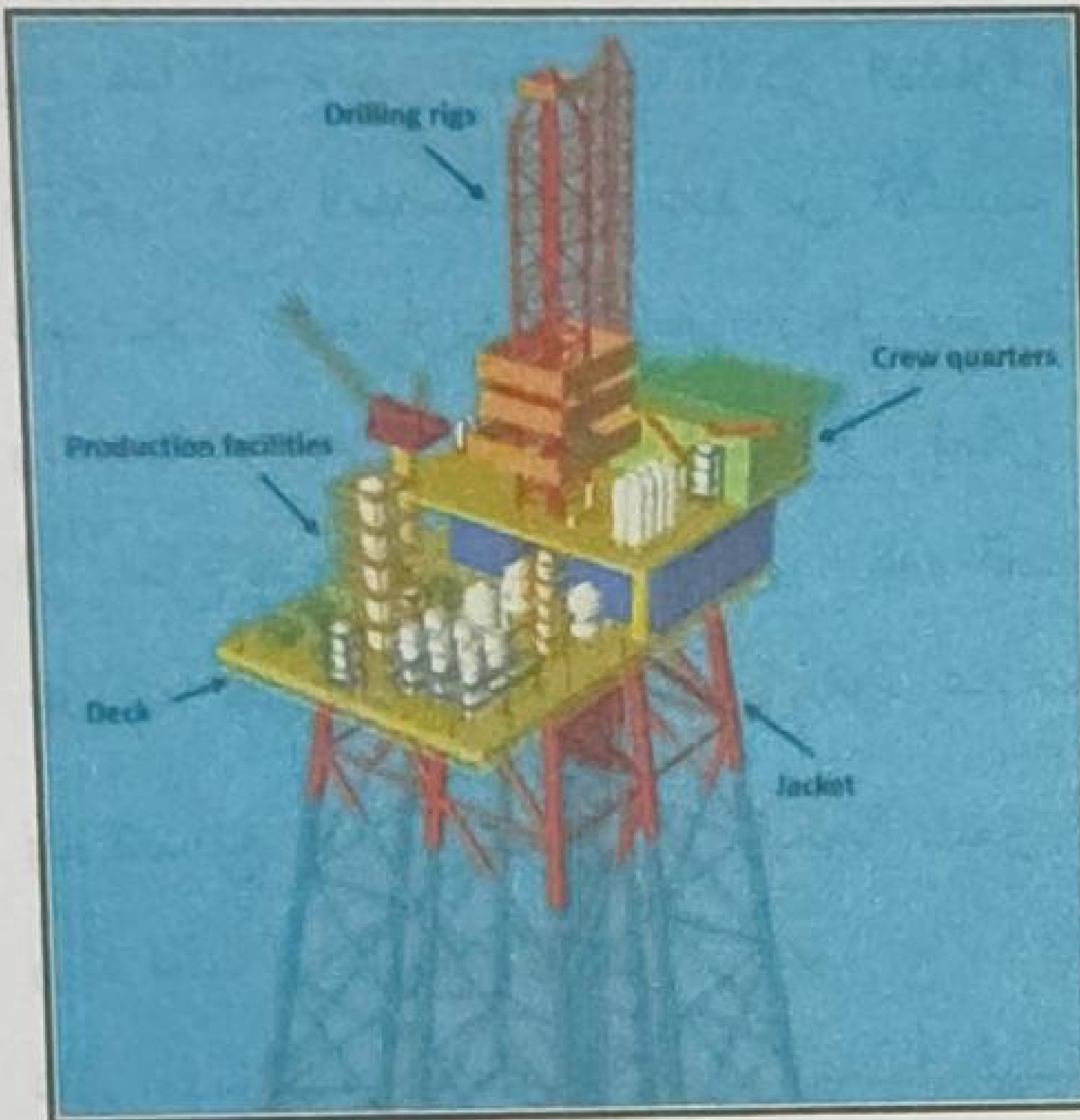
إن عمق استخدام هذه المنصات يتراوح بين (150–180) متر في الظروف المناخية السيئة مثل (بحر الشمال) حيث يصل ارتفاع الأمواج إلى (30) متر ، ويمكن في الظروف المناخية الأقل قسوة أن تستخدم هذه المنصات في المياه العميقة (حتى عمق حوالي 400 متر).

تستطيع هذه المنصة أن تدعم الإنتاج من حوالي (10) آبار كحد أقصى ، ويوجد على سطحها معدات للتعامل مع المواسير المرنة وأيضاً معدات رأس البئر ومعدات المعالجة والفواصل الضرورية (نفط – ماء – غاز) وكذلك تجهز بروافع بحرية وقوارب نجاة ومهبط للطائرات العمودية ، ويبين الشكل (1-4) المنصة الهيكلية مع سطح المنصة.

يتم تثبيت المنصات الهيكلية بغرس الركائز (دعامات التثبيت) في القاع ومن ثم تدعيمها بالاسمنت ، ومن الممكن أن يصل عمق انغراس الركائز إلى (100متر) أحياناً ، وتستخدم مطارق هيدروليكية ذات أوزان هائلة جداً (حوالي 160 طن) لغرس ركائز قطرها بحدود (3 متر).

إن المنصات الصغيرة يمكن إرساؤها من خلال روافع بحرية خاصة ، أما المنصات الضخمة فيتم إرساؤها عن طريق الرمي أو الانزلاق حيث وبعد انزلاقها ورميها في الماء يتم ملئ الأرجل المفرغة بالماء وبالتالي يتم تثقيل القوائم التي يتم إنزالها إلى القاع وتثبت بدق الركائز وبعد الإرساء يتم تثبيت سطح المنصة فوق المنصة وتثبيتها إما باللحام أو عن طريق سلاسل خاصة.





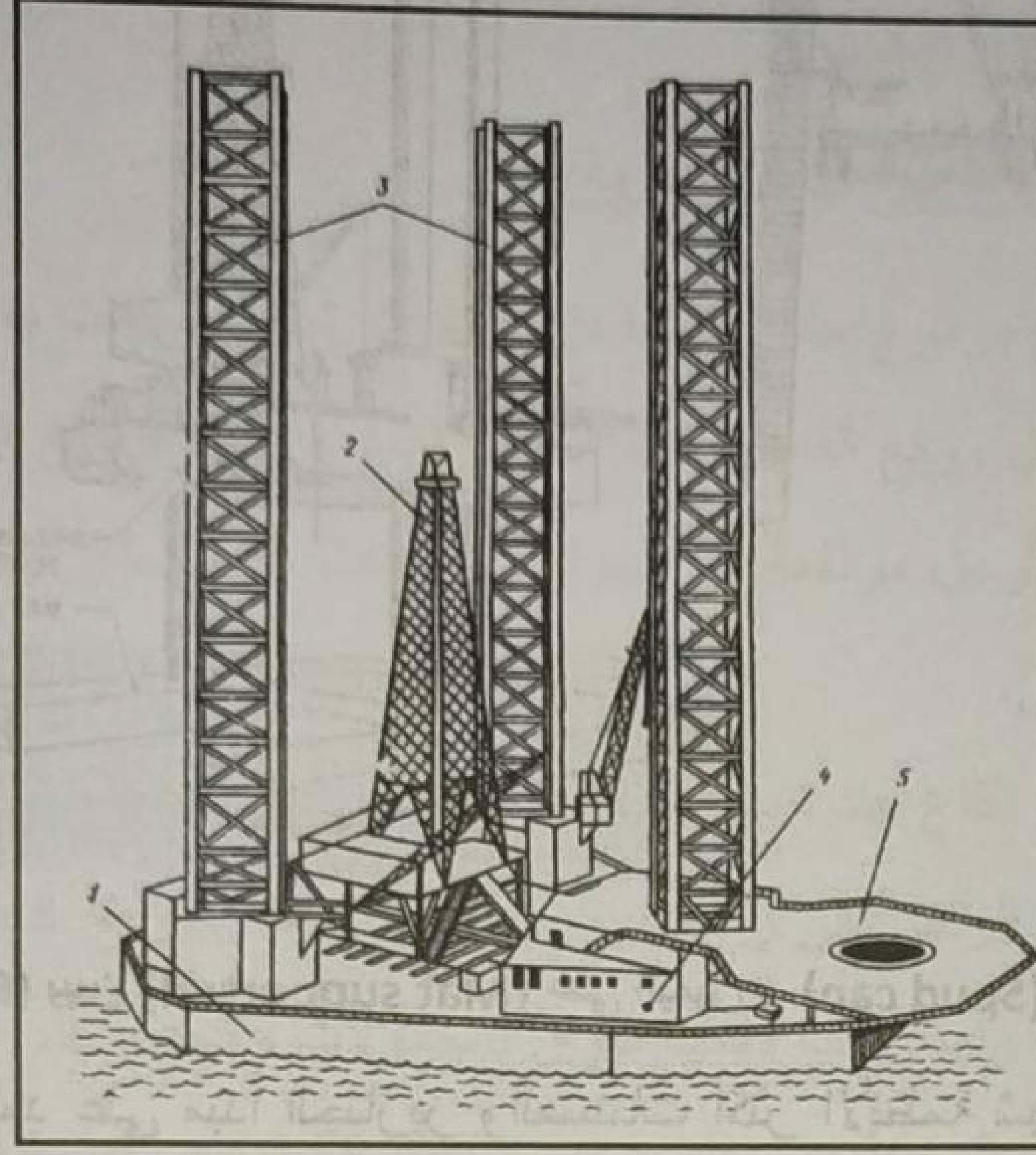
الشكل (1-4) يبين أجزاء المنصات الهيكلية الثابتة

1-7-1-2: المنصات ذاتية الرفع (Jack-up):

تتألف هذه المنصات من سطح المنصة والذي يتميز بقدرته على الطفو ومن ثلاث إلى أربع أرجل يمكنها التحرك من خلال الجسم صعوداً أو هبوطاً ، يكون في نهاية هذه الأرجل سطح استناد تستند من خلاله القوائم على القاع ، وتصنع القوائم من الأنابيب المفرغة وتنقل هذه المنصات مقطورة من موقع لآخر وتكون الأرجل مرفوعة عن القاع ، ويتم نقل هذه المنصة من موقع لآخر عن طريق جرها أو سحبها أو من خلال حملها على بارجة نقل بحري.

خلال عمليات الحفر يتم إنزال الأرجل حتى تغرس في قاع البحر لمسافة (15–20) متر أو أكثر حسب طبيعة القاع ، وفي الوقت ذاته يتم رفع سطح المنصة إلى ارتفاع (6–12) متر فوق سطح الماء.

تقوم هذه المنصات بعمليات حفر الآبار الاستكشافية العميقة حتى عمق (6500) متر في المياه التي يصل عمق القاع فيها (100) متر ، ويبين الشكل (1-5) هذا النوع من المنصات.



الشكل (1-5) يبين شكل تخطيطي لمنصة الحفر البحري ذاتية الرفع

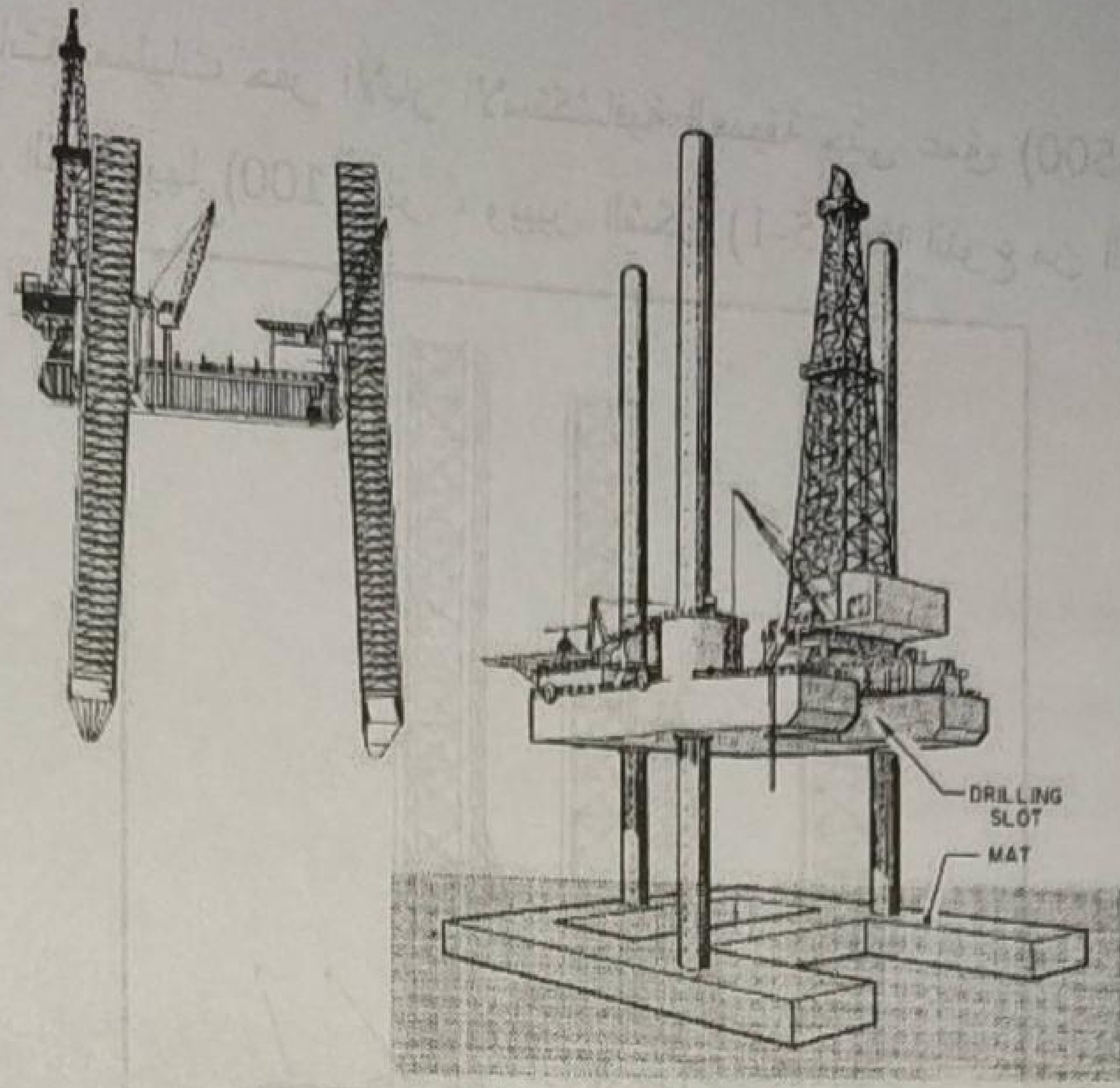
1- الهيكل العائم 2- برج الحفر 3- أعمدة الاستناد 4- المنشآت السكنية 5- مهبط الطائرات

عند العمل في قاع بحر طري وهش جداً وفي الشواطئ الهائجة يتم استعمال النوع المدعم من وحدات الرفع الذاتي (Mat supported) ، وفي هذا النوع يكون الارتكاز على قاع البحر على مساحة كبيرة مما يساهم في توزع الحمولة على مساحة كبيرة من القاع ، ومع هذا فلا بد من تسوية القاع وإزالة الصخور الحطامية للحد من الضرر الذي يمكن أن تتعرض له الوحدة.

وهناك نوع آخر له أرجل مستقلة وقاعدة كل رجل مثبتة بقاعدة معدنية (Spud can) وتكون هذه القواعد دائرية ومصممة لاختراق الصخور القاسية ويمكن الحد من انغراسها العميق في القاع الهش.

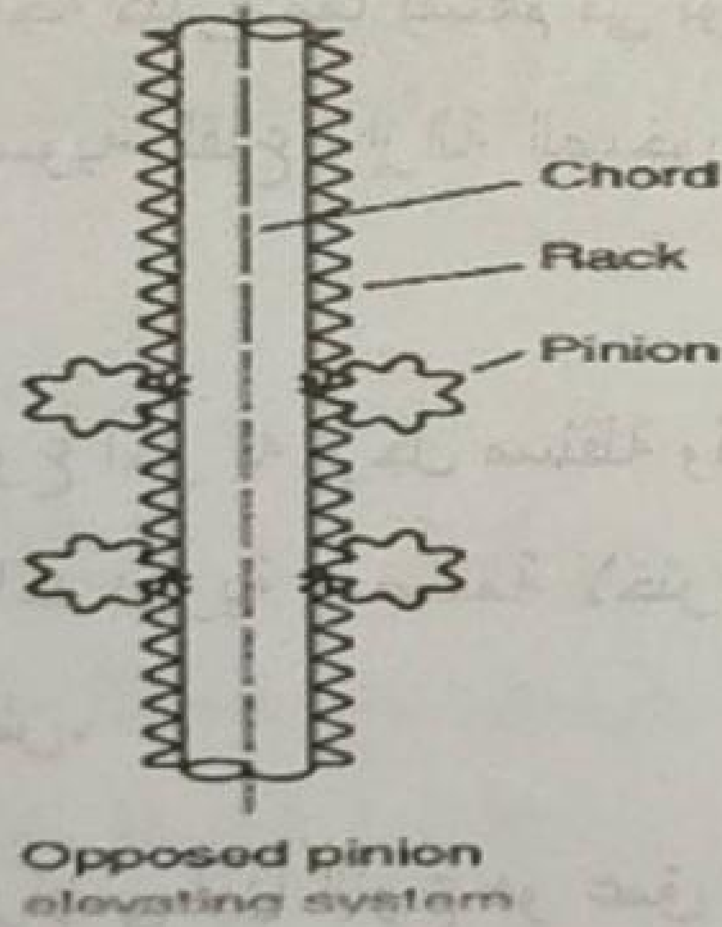
العيب الرئيسي لهذا النوع هو عمق الاختراق الكبير للقاعدة (Spud can) والذي يتراوح بين (7-10) أقدام ، وفي بحر الشمال وصل عمق اختراق القاعدة إلى (70 m) في مناطق القاع الطرية.

و الشكل(1-6) يبين هذين النوعين من المنصات البحرية.



الشكل (1-6) يبين (Mat supported) على اليمين و (Spud can) على اليسار

يعتبر النظام الذي يعتمد على مبدأ الجنازير والمسننات أكثر الأنظمة شيوعاً في عملية تحريك أرجل هذه المنصات ، وهو يتكون من دواليب كبيرة تتوضع على محيطها مجموعة من الأسنان ، عند دوران الدواليب تتعشق الأسنان مع جنازير مثبتة على أرجل الحفارة ، وبهذا يتم دفع أرجل الحفارة نحو الأعلى أو الأسفل بحسب اتجاه دوران الدواليب ، الشكل (1-7).





الشكل (1-7) يبين أحد أرجل المنصة البحرية ذاتية الرفع

<u>مزايا هذا النوع من وحدات الحفر البحرية:</u>

1. تؤمن ثباتية جيدة للمنصة بحيث تقلل من تأثير الظروف المناخية واحتمال توقف الحفر بسببها.

2. ذات كلفة أقل إذا ما قورنت بباقي وحدات الحفر العائمة.
3. عمليات الحفر مشابهة للعمليات على اليابسة حيث يمكن تركيب موانع الاندفاع ومعدات رأس البئر على سطح المنصة.

سلبيات هذا النوع من وحدات الحفر البحرية:

1. عملية نقلها والبرج مرفوع بطيئة ولهذا فإن عمليات النقل لمسافات بعيدة تكون مكلفة.
2. عملية إنزال الأرجل ورفع القاعدة بطيئة وغير آمنة إذا كان ارتفاع الموج كبير.
3. عند النقل تكون الأرجل مرتفعة في الهواء عدة مئات من الأمتار وهذا ما يجعلها عرضة لتأثير الطقس السيئ.
4. غوص الأرجل في القاع عند تثبيت المنصة يمكن أن يعرضها للضرر.
5. يجب منع التحميل الزائد على رجل دون الأخرى وذلك بتوزيع الحمولات بشكل مناسب على سطح المنصة ولهذا يجب تحديد الفرق بالحمولات والحد منها.
6. تشكل حفرة في قاع المحيط يمكن أن يسبب مشاكل كارثية في ثباتية المنصة.

3-1-7-1: المنصات البحرية المرنة (Complaint Structures):

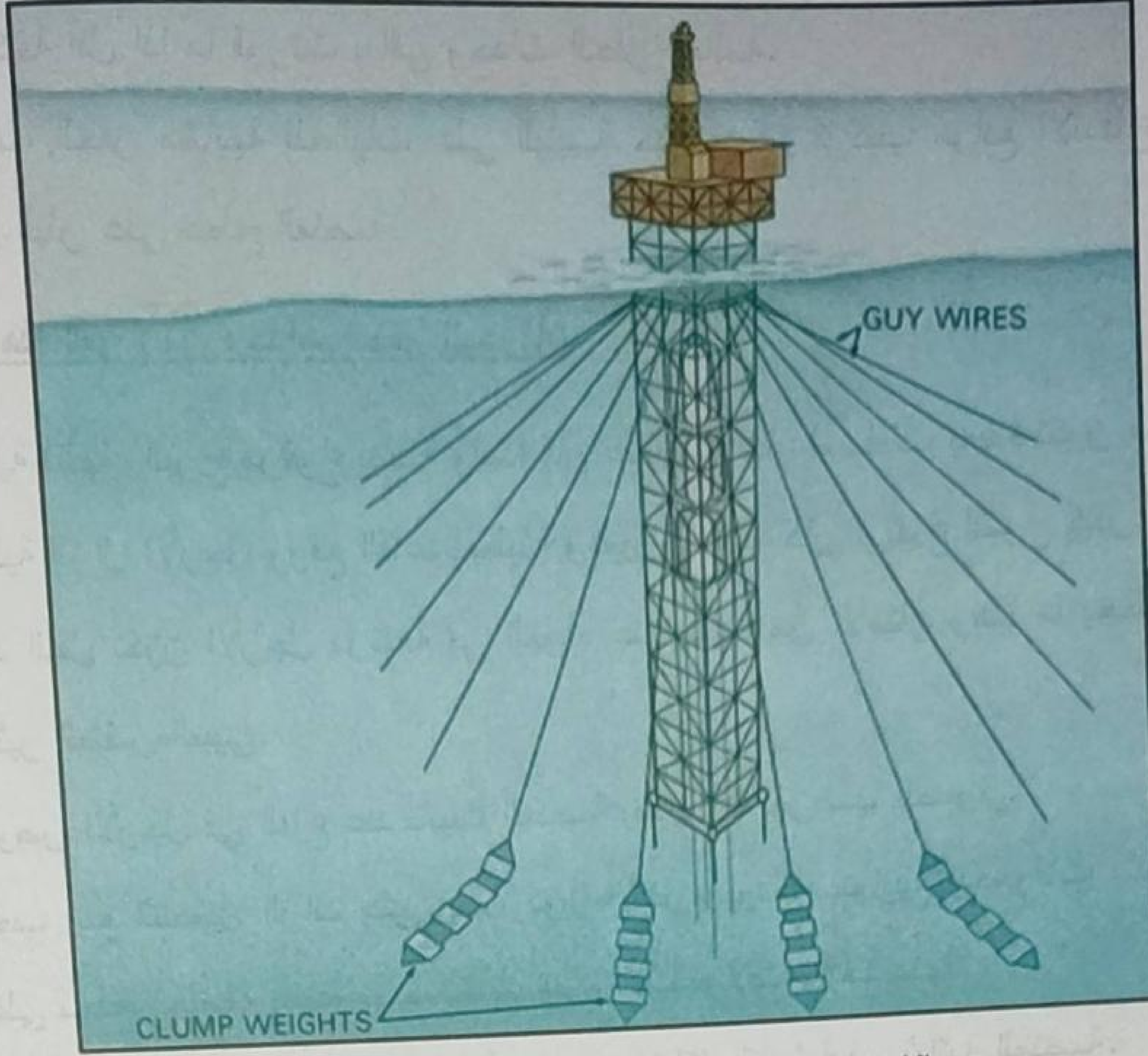
يتم بناء هذه المنصات من المعدن ويكون لها ركائز تتصل مع القاع وتغرس فيه ، وتحافظ هذه المنصات على مرونة دائمة بحيث تتحرك وتتجاوب مع الأمواج ولكن بنفس الوقت تقاوم بشكل فعال الأمواج العاتية.

تعمل هذه المنصات في سماكة مياه قد تصل إلى (1000) متر في الظروف المناخية المعتدلة ومن أهم أنواعها نذكر:

المنصات البرجية المرنة (CT-Complaint Tower):

عبارة عن برج من القضبان المعدنية المتشابكة وترتكز داخل القاع من خلال الركائز التي تدخل في العمق والتي يمكن أن يتم تدعيمها بالأسمنت ، وتحمل هذه المنصات فوقها سطح المنصة مع معدات الحفر ، وبما أن هذه المنصات لا تحتوي كميات كبيرة من الحديد كما في المنصات الثابتة فهي أخف وزناً كما يمكن أن يتم بناؤها على قسمين وتجميعها في المكان.

هنالك تصميم لهذه المنصات يتم شده بشكل متناظر بسلاسل معدنية تثبت عن طريق المراسي أو بدعائم منغرسة في القاع وتسمى عادة هذه المنصات بالمنصات البرجية المشدودة ، ويبين الشكل (1-8) هذا النوع من المنصات.



الشكل (1-8) يبين أجزاء المنصة البرجية المرنة

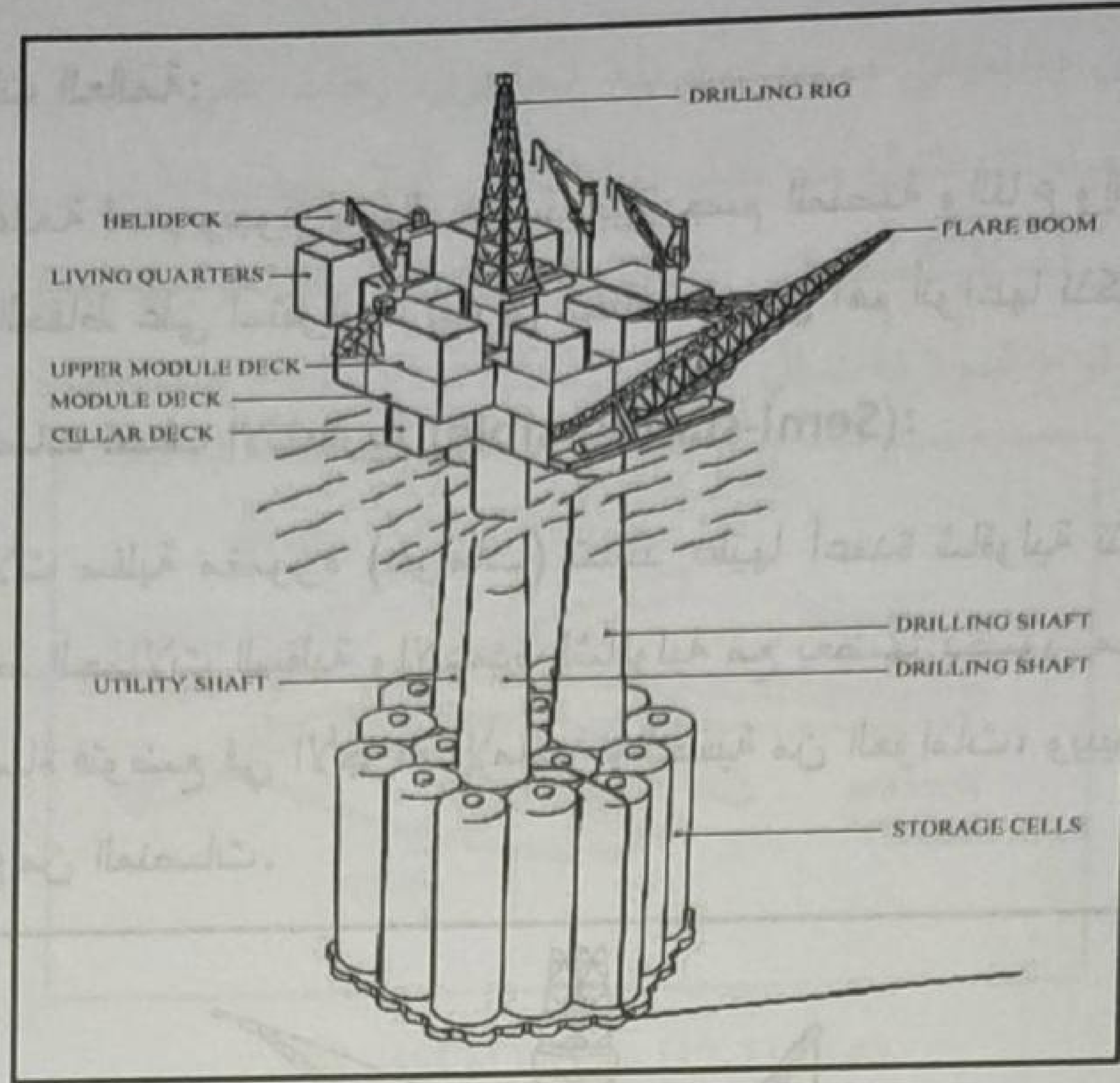
4-1-7-1: المنصات الأسمنتية:

وهي من المنصات المثبتة على القاع بمبدأ الجاذبية ، تصنع هذه المنصات من الأسمنت المسلح ، ويتم بناء هذه المنصات قرب الشاطئ أو في المياه المعزولة حيث يتم تعويمها بعد تصنيعها ونقلها ومن ثم إغراقها في مكان عملها تحت تأثير وزنها ، ويتم نقلها مع الجزء السطحي من المنصة مع المعدات كلها.

إن قوائم المنصة يتم بناؤها من الأسمنت المسلح بشكل اسطواني مفرغ ، وتستخدم طريقة الصب المستمر من الأسفل باتجاه الأعلى لضمان تجانس عملية تصلب الأسمنت وبالتالي ضمان عازلية القوائم لماء البحر.

يتم بناء قاعدة المنصة في حوض جاف ، وتحوي هذه القاعدة على خزانات تخزين النفط وبعد الانتهاء يتم تعويمها ونقلها إلي ميناء مياه عميقة محمية حيث تصب القوائم الأسمنتية وبعدها يتم تجميع المنصة مع سطحها وتسحب نحو العمق إلي مكان عملها النهائي ، حيث يتم إغراقها من خلال ملئ القوائم بالماء.

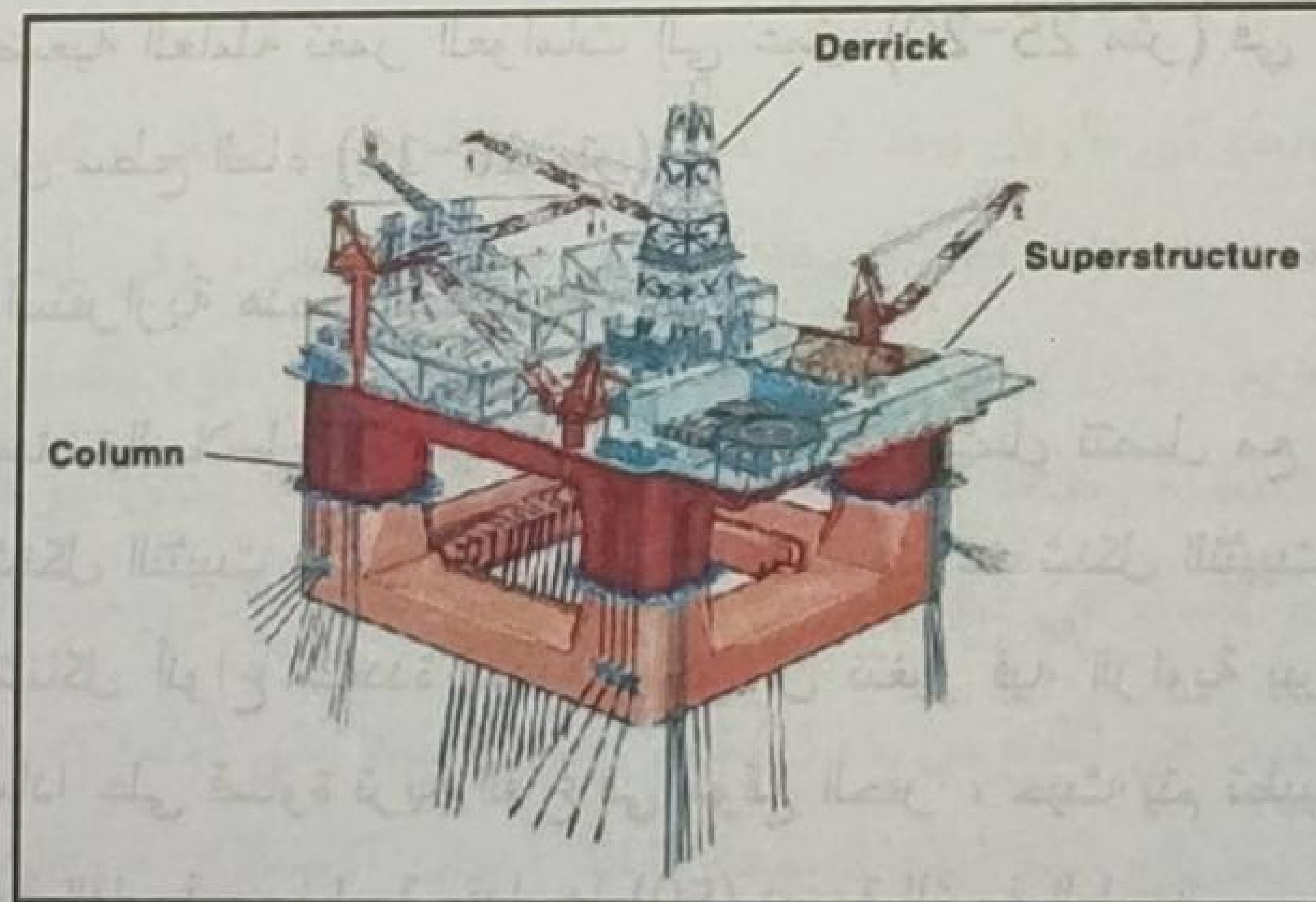
تعتبر هذه المنصات ذات كلفة عالية بحدود (16 مليار دولار) لذلك من غير المناسب استخدامها في الحقول الصغيرة ، ويبين الشكل (1-9) هذا النوع من المنصات.



الشكل (1-9) يبين أجزاء المنصة الأسمنتية

1-7-1-5: المنصات الانغمارية (Submersibles Platform):

عبارة عن منصات ذات هيكل معدني ، تتألف من قوائم معدنية مدعمة بعوارض وجوائز معدنية ، تنتهي هذه القوائم وتتصل بخزانات ضخمة تمتد على كامل طول المنصة ، وعند إرسائها تستند هذه المنصة على القاع تحت تأثير وزنها ، وتستخدم هذه المنصات في المياه الضحلة ذات العمق (6–60) متر تقريباً ، وتستخدم بشكل خاص من أجل عمليات الحفر حيث تتصرف وكأنها منصات ثابتة وبعد الانتهاء من عمليات الحفر يتم تعويمها وتنقل إلى مكان آخر ، تستخدم هذه المنصة في الأنهار بشكل عام والمناطق الشاطئية الضحلة ، ويبين الشكل (1-10) هذا النوع من المنصات.



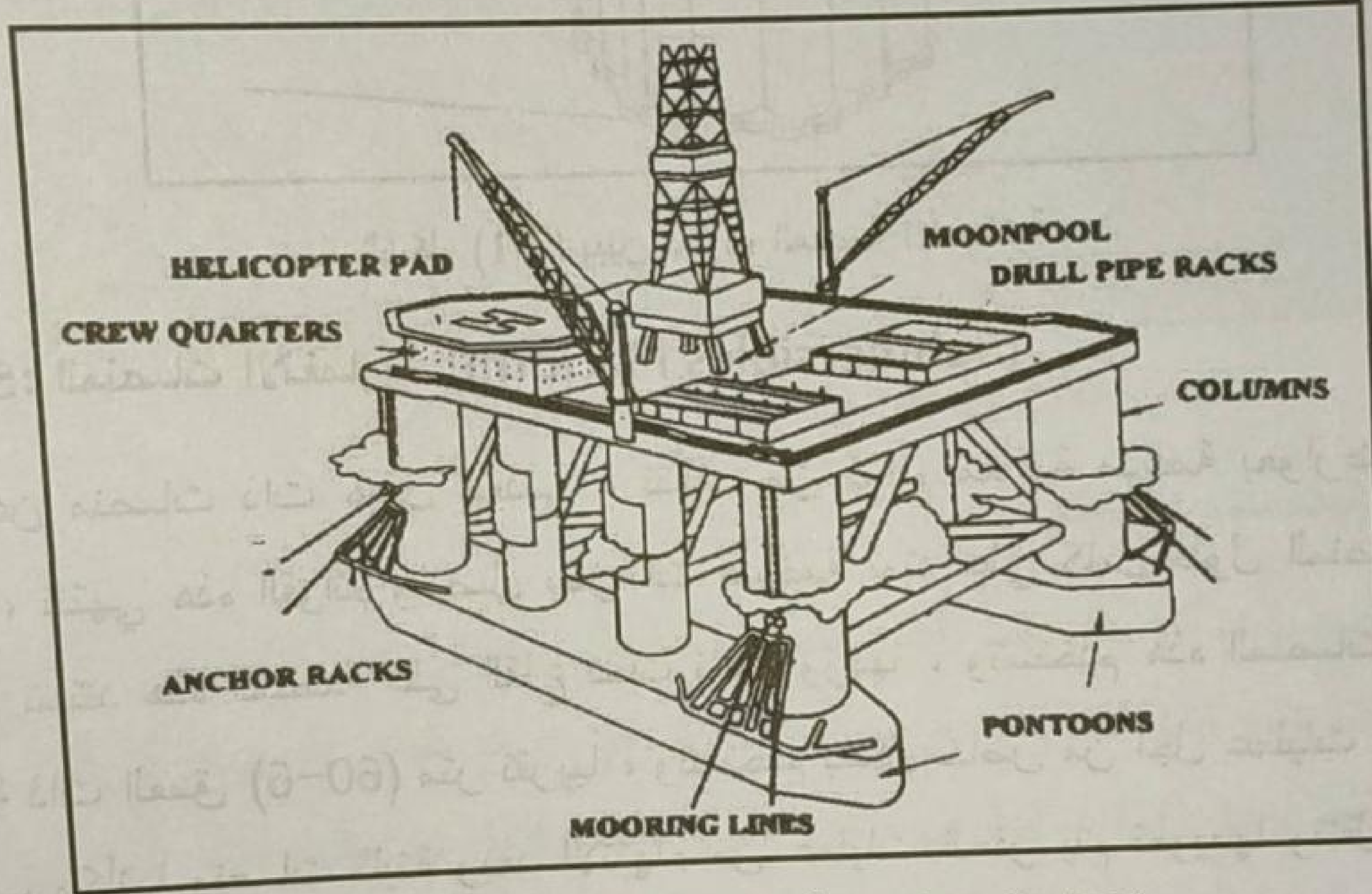
الشكل (1-10) يبين أجزاء المنصة الانغمارية

1-7-2: المنصات العائمة:

وتعد منصات عائمة لعدم وجود اتصال مباشر بين جسم المنصة والقاع وإنما تعوم في المياه ويتم إرساؤها والحفاظ على استقرارها بطرق مختلفة ، ومن أهم أنواعها نذكر:

1-7-2-1: المنصات نصف الانغمارية (Semi-submersible):

تتكون من حمالات سفلية مغمورة (عوامات) تستند عليها أعمدة شاقولية تتركز عليها قاعدة المنصة ، وترتبط الحمالات السفلية والأعمدة الشاقولية مع بعضها بجسور معدنية أفقية ومائلة أما سلاسل المرساة فتوضع في الأجزاء الأمامية والخلفية من العوامات، ويبين الشكل (1-11) أجزاء هذا النوع من المنصات.



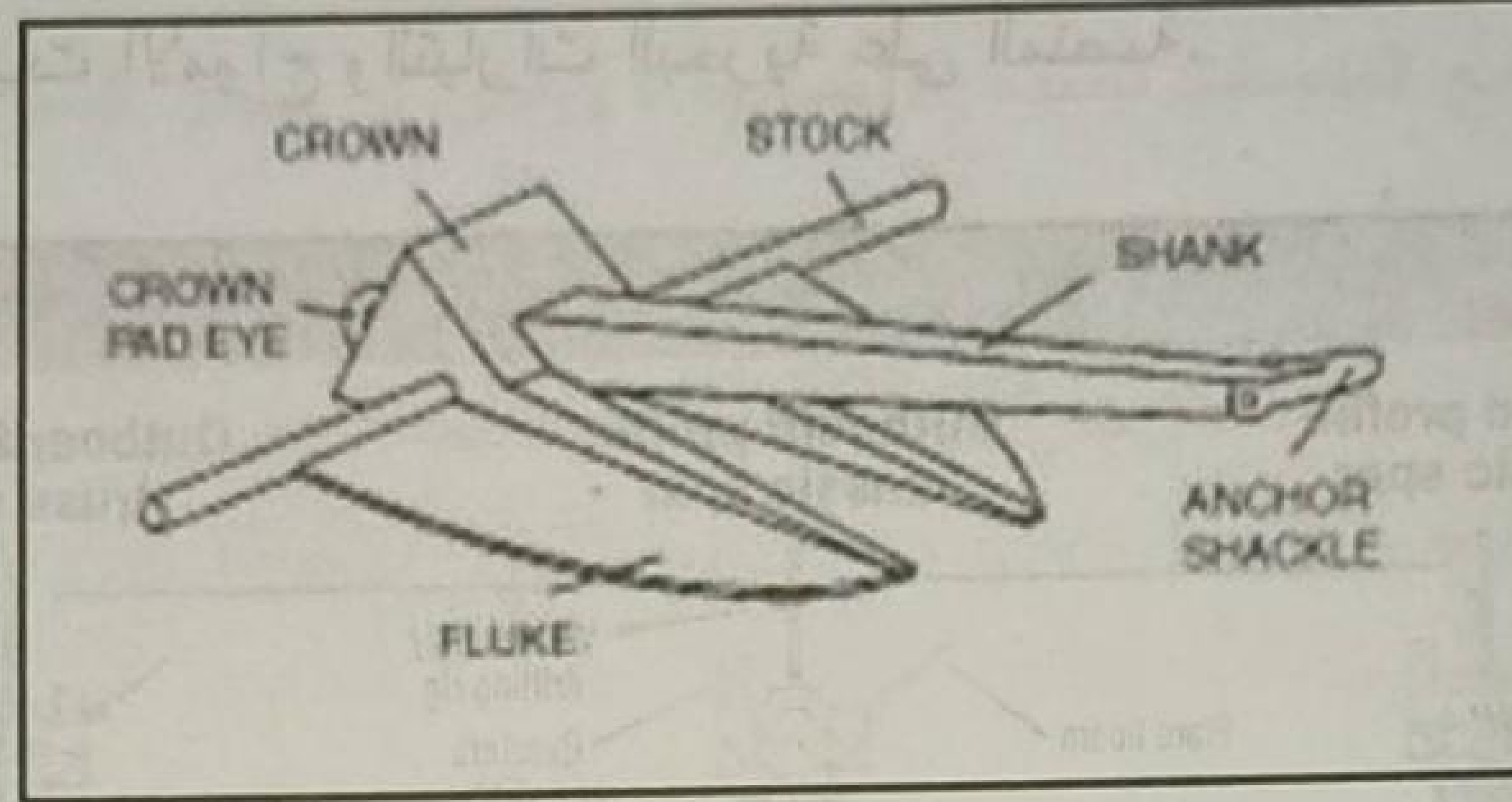
الشكل (1-11) يبين أجزاء المنصة نصف الانغمارية

عند قطر المنصة أو انتقالها بواسطة محركاتها الخاصة تكون الحمالات السفلية مغمورة قليلاً بالماء ، في الوضعية العاملة تغمر العوامات إلي عمق (20–25 متر) في الوقت الذي يرتفع سطح المنصة فوق سطح الماء (12–16 متر).

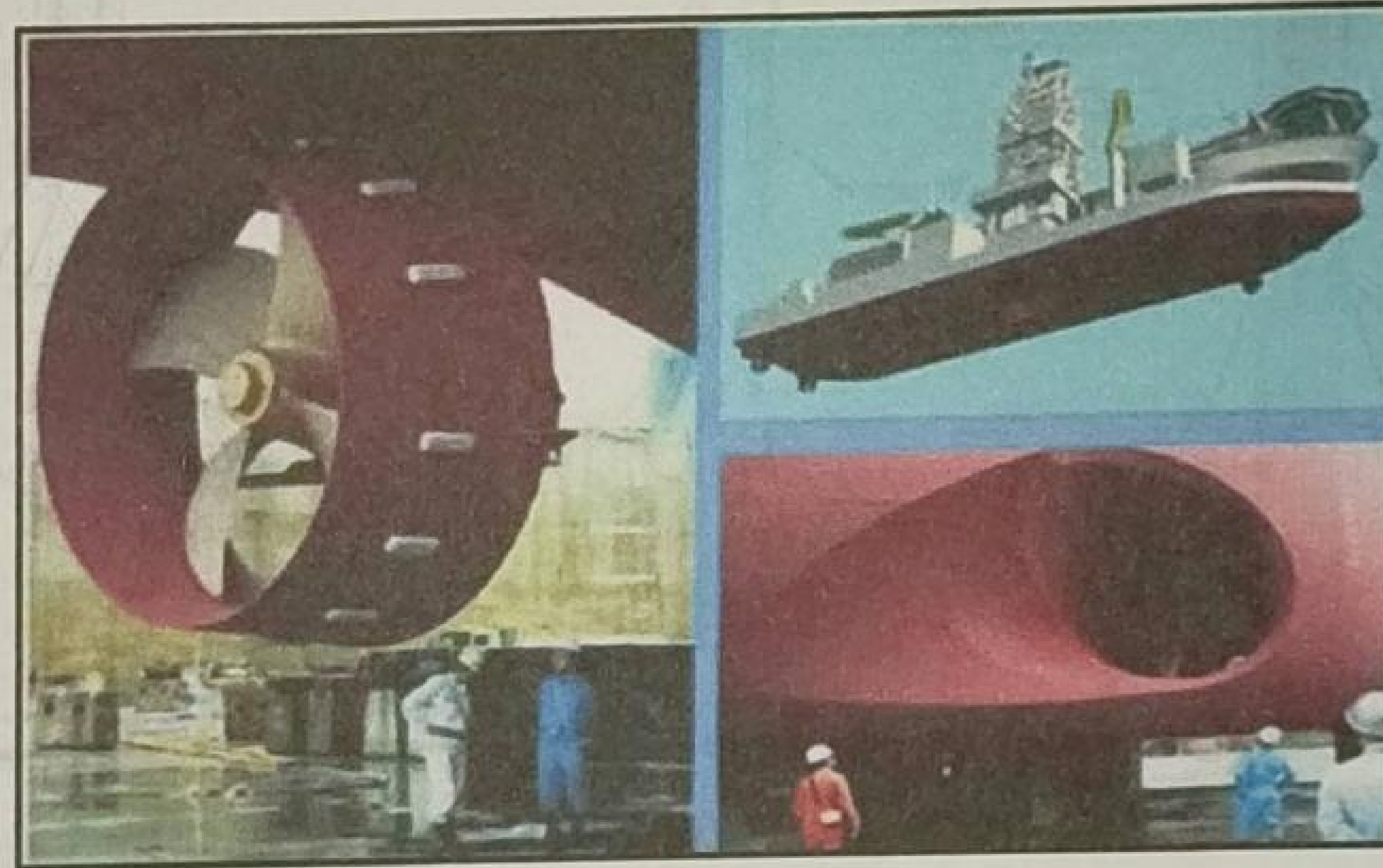
يتم الحفاظ على استقرارية هذه المنصات بطريقتين:

- نظام إرساء بالسلاسل المعدنية (عادة عددها 8 سلاسل تتصل مع الأعمدة) ، ويبين الشكل (1-12) شنكل التثبيت ضمن نظام الرسو ، حيث يتم شد شنكل التثبيت (Shank) بشكل أفقي ، ولهذه الشناكل أنواع متعددة إحداها يمكن أن تتغير فيه الزاوية بين شفرات التثبيت وذراع الشد اعتماداً على قساوة تربة القاع في موقع الحفر ، حيث يتم تطبيق زاوية مقدارها (30) درجة للتربة القاسية ، وزاوية مقدارها (50) درجة للتربة الطرية.

• نظام توازن ديناميكي موجه بواسطة الحاسوب يعتمد على الأقمار الصناعية وعلى نظام الكتروني وحساسات للميل مع نظام دفاشات في أسفل المنصة ليتم موازنتها ويعتبر هذا النظام ضروري في أعماق المياه التي تتجاوز (800) متر وفي شروط العمل الصعبة ، ويبين الشكل (1-13) مراوح الموازنة أسفل المنصة.



الشكل (1-12) يبين أجزاء شنكل التثبيت



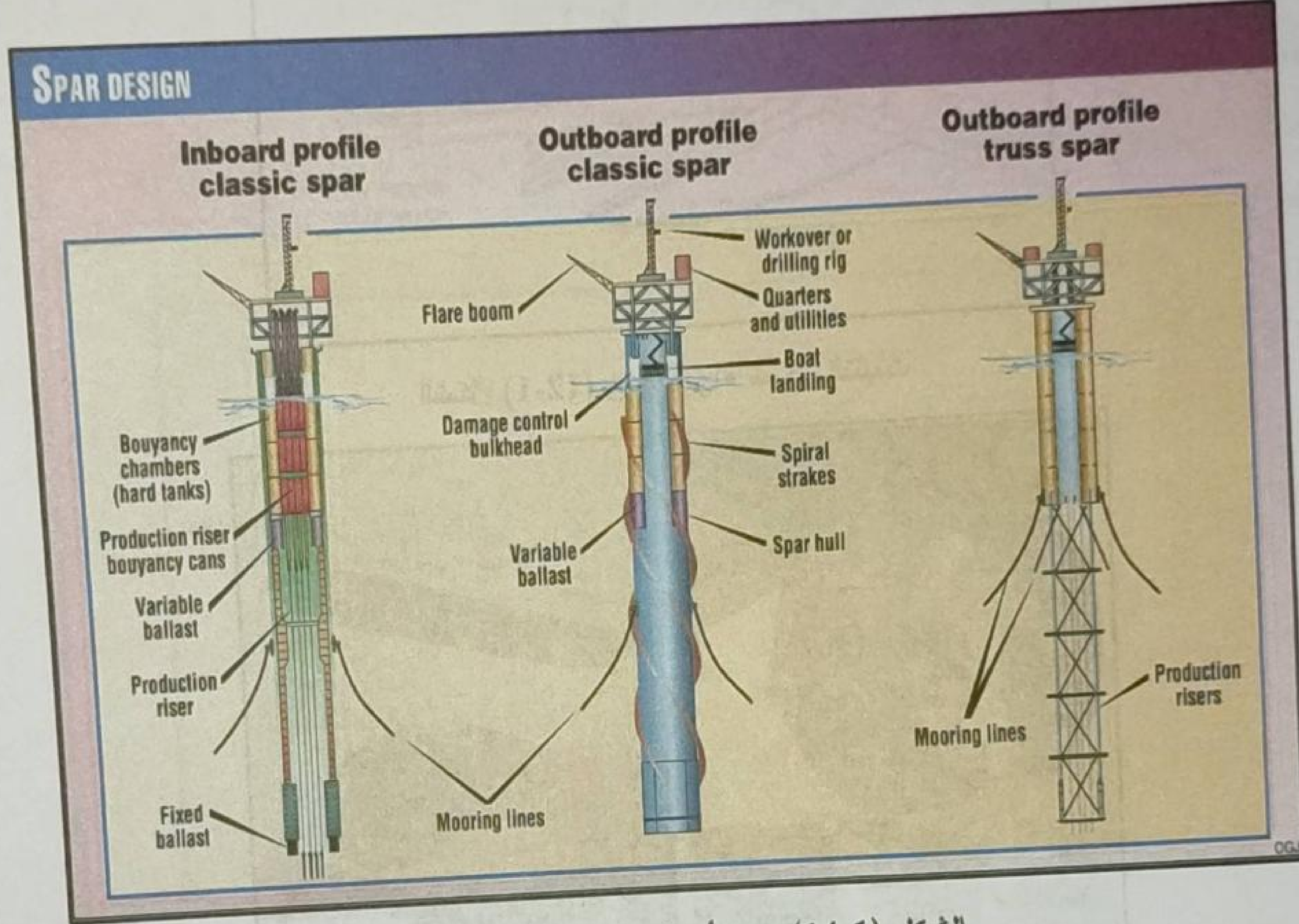
الشكل (1-13) يبين نظام الدفاشات ومراوح الموازنة أسفل المنصة

1-7-2-2: المنصات الاسطوانية (Spar):

عبارة عن جزء اسطواني طويل يمتد في العمق ويؤمن خاصية الطفو والعوم لهذه المنصات ضمن هذا القسم نجد خزانات فارغة يمكن أن يتم ملئها بالنفط ، وفي أسفل المنصة يوجد خزان تثقيل أو تعويم والذي يلعب دوراً مهماً عند إرسائها فيتم ملؤه بالسائل وعند نقلها يتم إفراغه كي تأخذ المنصة وضعاً أفقياً ، وعندها يتم جرها لأنه لا يمكن جرها بشكل عمودي نتيجة لطول الجزء الاسطواني الكبير ، ويبين الشكل (1-14) هذا النوع من المنصات.

يتم تثبيت هذه المنصة في القاع من خلال نظام إرساء يعتمد على الأسلاك والمراسي ، حيث يسمح هذا النظام بانزياح مهم لهذه المنصة لتنفيذ أعمال الإصلاح ، ويبلغ مقدار الانزياح عشرات الأمتار ، ويتم تركيب سطح المنصة بعد إرساء الجزء الرئيسي في هذه المنصات

حيث يتم استخدام روافع بحرية ضخمة ، يبلغ طول الجزء الأسطواني (215) متر وقطر بحدود (22) متر مع ست كبال وسلاسل للتثبيت ، كما يزود الجزء الاسطواني بحزام معدني لولبي بهدف تخميد التيارات البحرية ذات التأثير السلبي على استقرارية هذه المنصات ، كما يمكن بناء الجزء الاسطواني من جزء علوي اسطواني وجزء سفلي معدني شبكي بهدف تخفيف تأثير ضربات الأمواج والتيارات البحرية على المنصة.



الشكل (1-14) يبين أجزاء المنصة الاسطوانية

تستخدم هذه المنصات في المياه العميقة جداً أكثر من (1000) متر ، ويبين الشكل (1-15) الجزء الاسطواني لهذه المنصات.



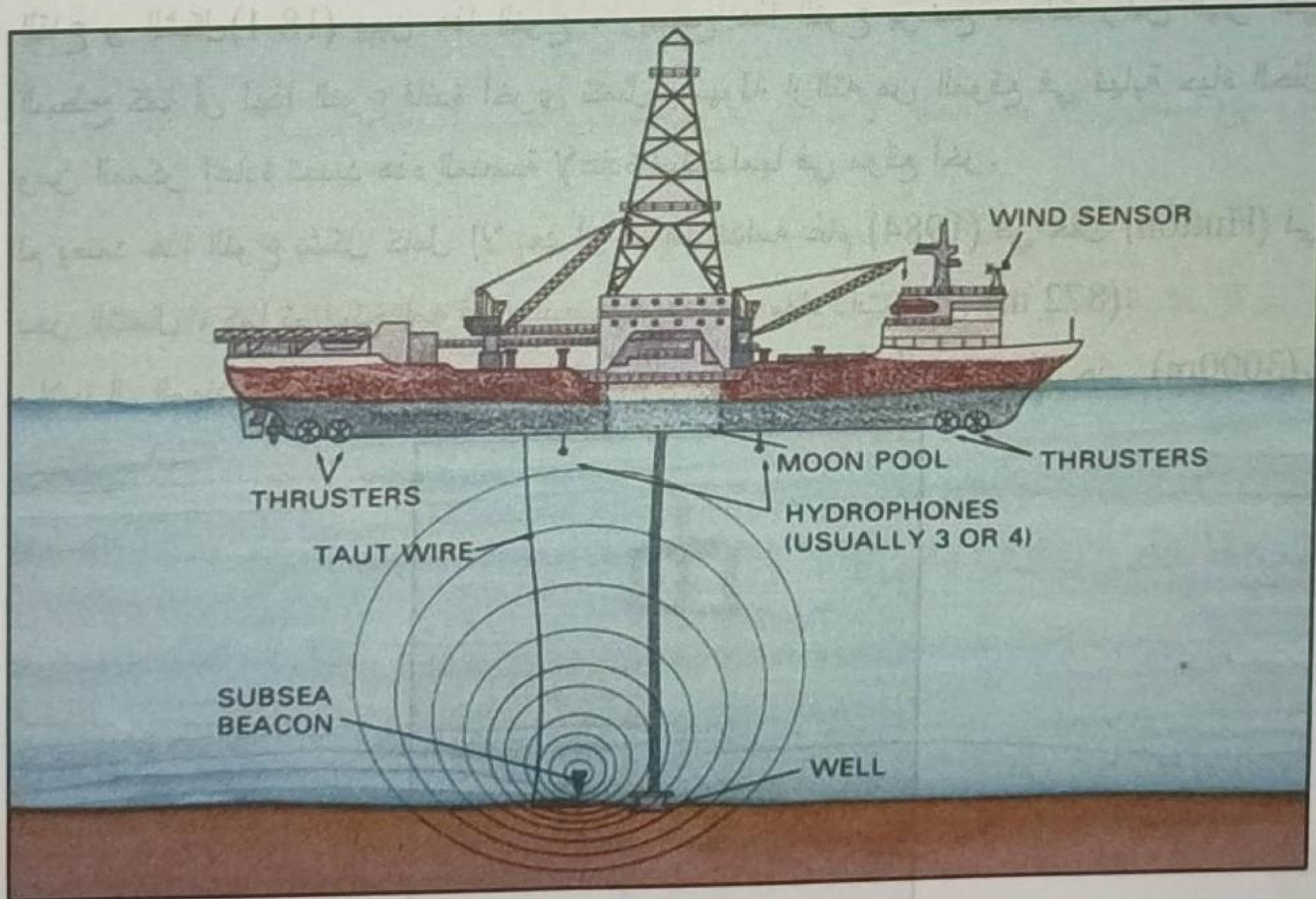
الشكل (1-15) يبين أشكال الجزء الاسطواني للمنصة الاسطوانية

3-2-7-1: سفن الحفر البحرية (Drill Ship):

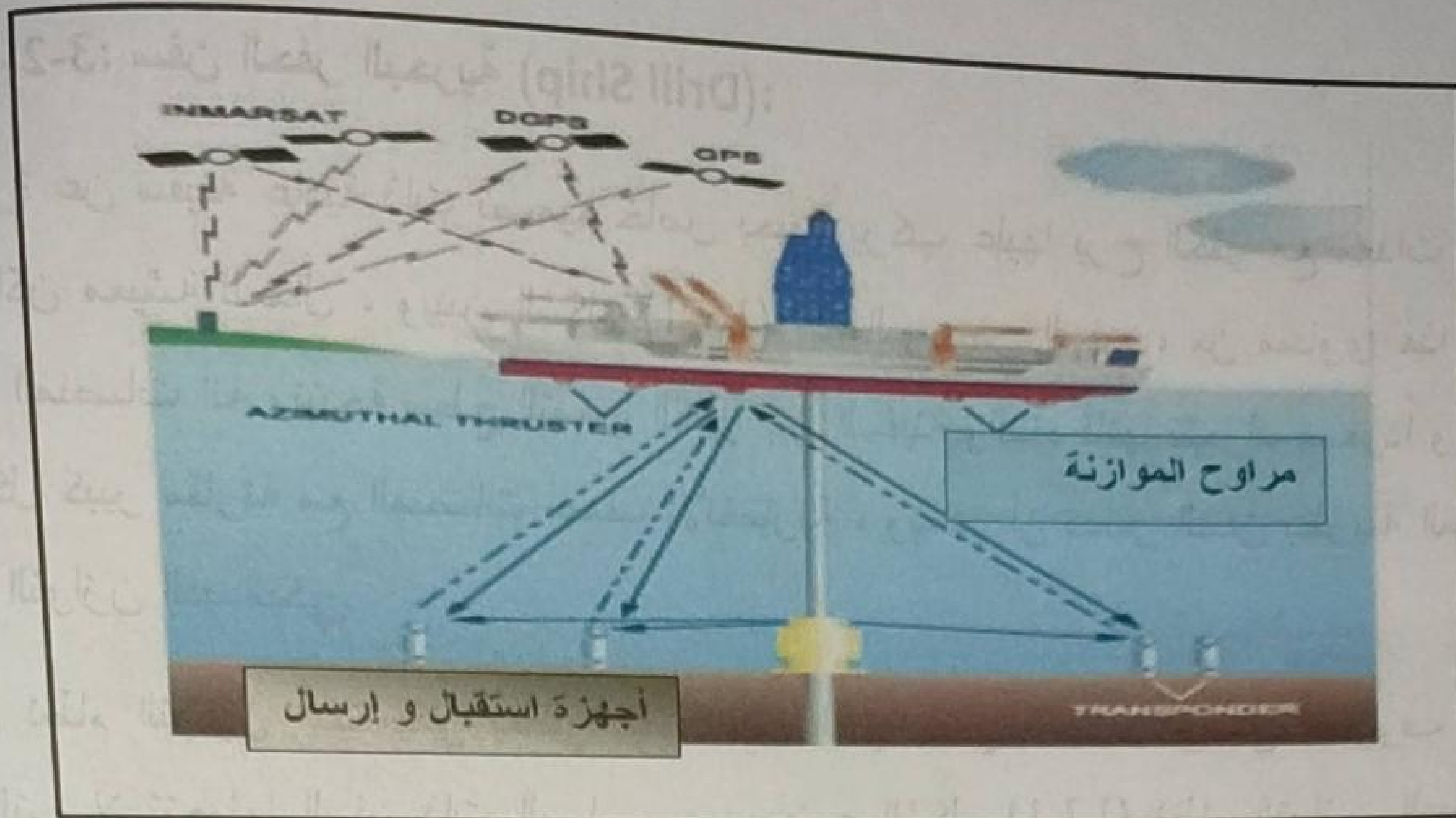
عبارة عن سفينة عادية ذات تصميم خاص بحيث يركب عليها برج الحفر مع معدات الحفر وأماكن معيشة للعمال ، ويبين الشكل (1-16) هذا النوع من السفن ، من مساوئ هذا النوع من المنصات أنه ونتيجة سطح التماس الكبير بين السفينة والماء فإنها تتحرك صعوداً وهبوطاً بشكل كبير مقارنة مع المنصات نصف الانغمارية ، ويمكن أن تستقر السفن بطريقة المراسي أو التوازن الديناميكي.

إن نظام التوازن الديناميكي يعطي هذه السفن القدرة على العمل حتى في الظروف السيئة والتي لا تتحملها السفن ذات المراسي ، ويوضح الشكل (1-17) نظام التوازن الديناميكي ضمن سفن الحفر البحرية.

يوجد سفن حديثة تستطيع أن تحفر آبار بعمق حتى (6000) متر ، وسماكة مياه حتى (3000) متر ، كما يمكن تجهيز هذه السفن ببرجين للحفر لاختصار الزمن والتكاليف ، كما تم تعديل الماسورة الصاعدة العازلة كي تتناسب مع سماكة المياه الكبيرة.



الشكل (1-16) يبين سفينة الحفر البحري



الشكل (1-17) يبين نظام التوازن الديناميكي ضمن سفينة الحفر البحري

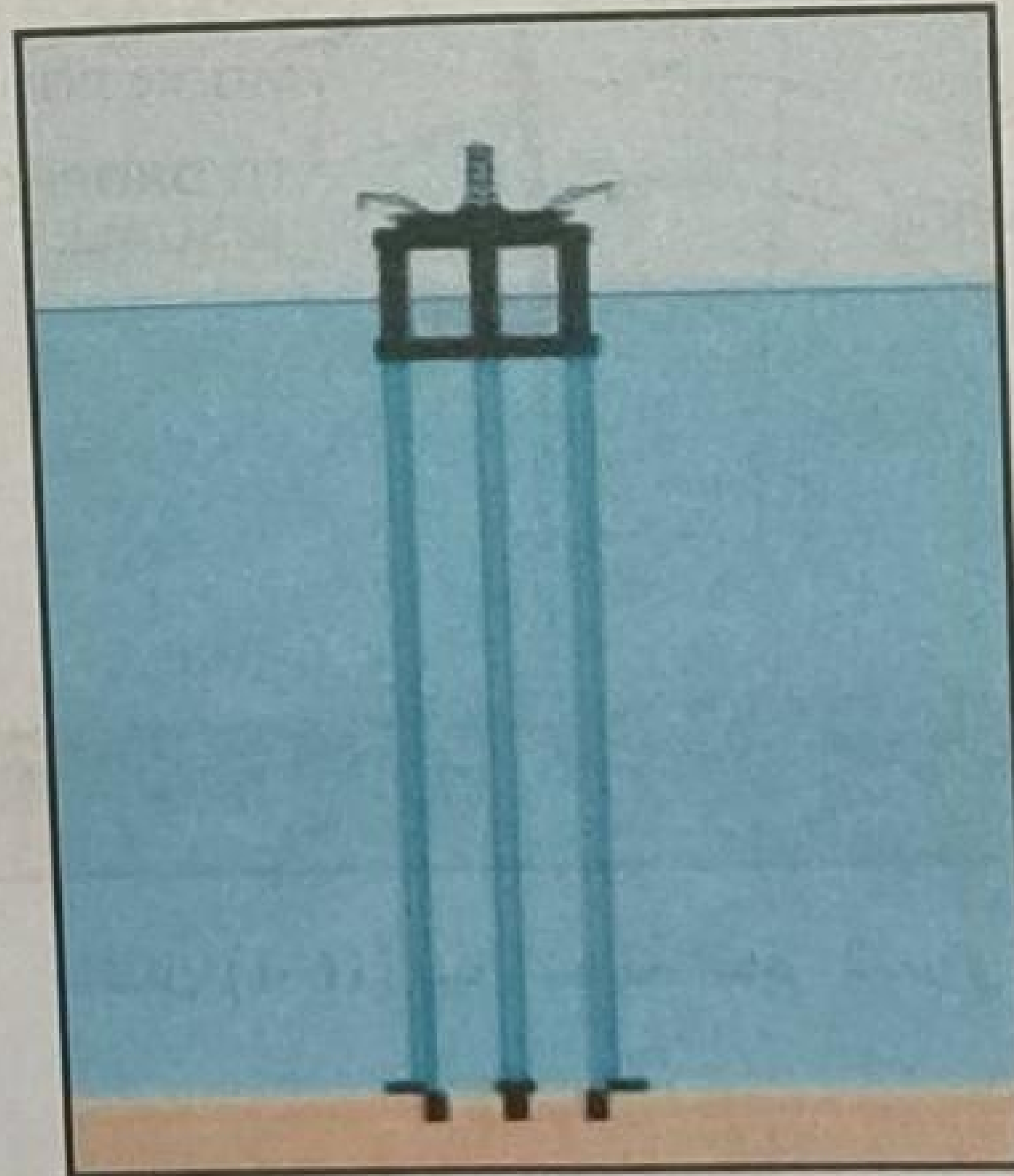
1-7-2-4: المنصات مشدودة الأرجل (Tension Leg Platform - TLP):

عبارة عن منصة عائمة مشدودة على القاع عمودياً بسلاسل وأسلاك بشكل قوي وبهذا يتم الحد من الحركة العمودية وتبقى المنصة تسمح بالحركة الجانبية فقط.

تصنع القاعدة من البيتون أو الفولاذ ويتم ربطها بواسطة أوتار مرنة تقوم بشدها وتثبيتها على القاع و الشكل(1-18) يبين هذا النوع ، ويسمح هذا النوع بوضع معدات رأس البئر على السطح كما أن لهذا النوع فائدة أخرى تتمثل بسهولة إزالته من الموقع في نهاية حياة الحقل ومن الممكن إعادة تجديد هذه المنصة لإعادة استخدامها في موقع آخر.

لم يعتمد هذا النوع بشكل كامل إلا بعد أن تم استخدامه عام (1984) في حقل (Hutton) في بحر الشمال ، كما تم استخدامه في خليج المكسيك في مياه ذات عمق (872 m).

ولا يزال المهندسون واثقين من إمكانية استخدام هذه التقنية في أعماق تصل حتى (3000m).



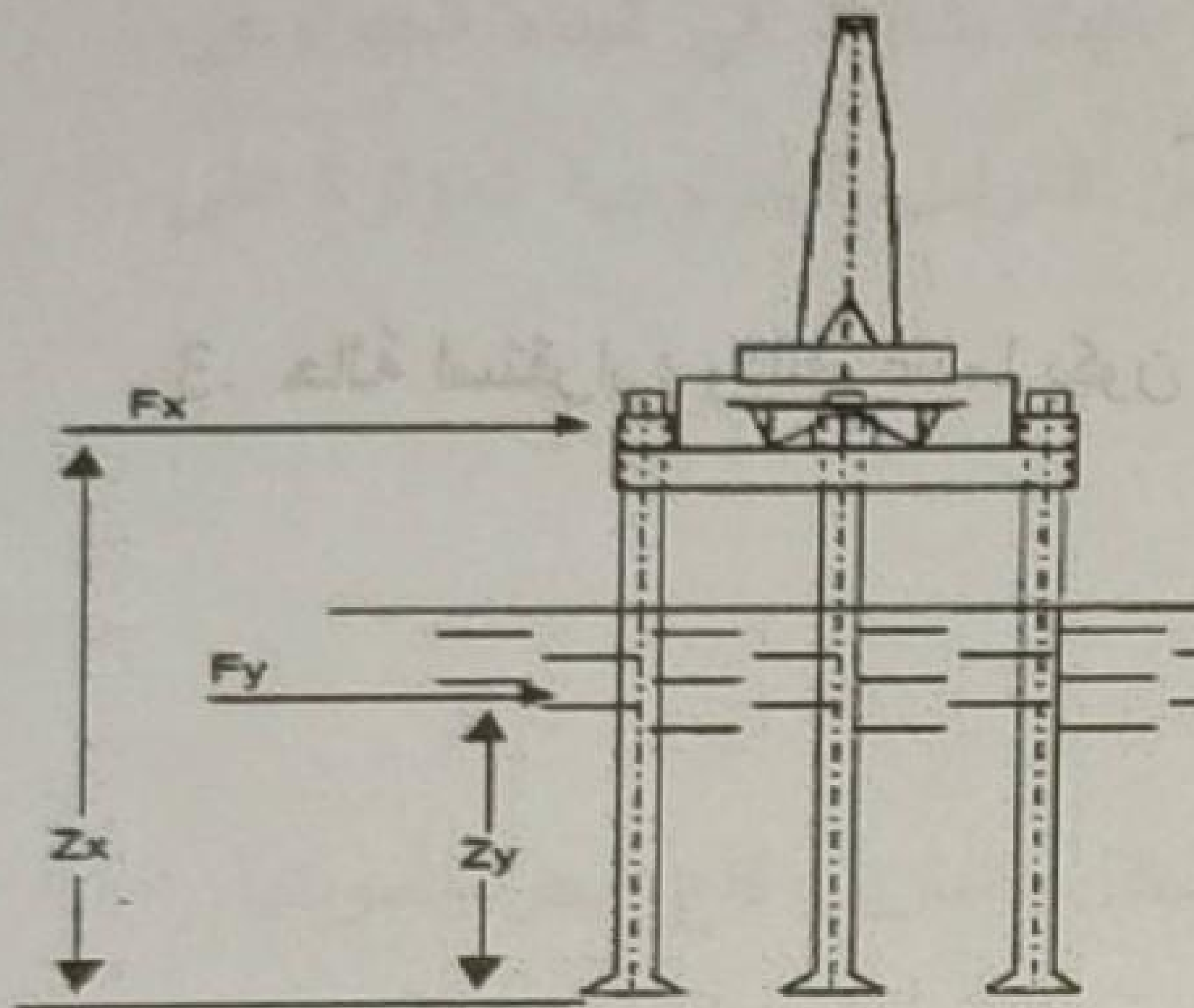
الشكل (1-18) يبين المنصة مشدودة الأرجل

8-1: ثباتية منصة الحفر البحري:

يتم تحديد ثباتية وحدة الحفر بتحديد عزم الانقلاب (OM) والذي يحسب بالعلاقة التالية:

$$OM = F_X . Z_X + F_Y . Z_Y$$

حيث أن:



F_x : قوة الرياح الأفقية

Z_x : طول ذراع قوة الرياح

F_y : قوة الأمواج والتيارات الأفقية

Z_y: طول ذراع قوة الأمواج والتيارات الأفقية

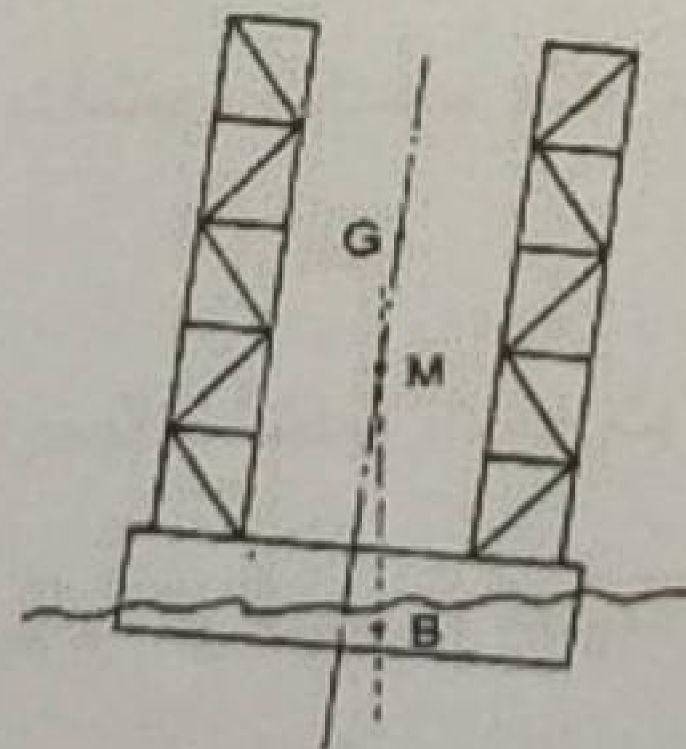
1-8-1: الاستقرار في حالة الحركة (Floating mode):

لتوضيح استقرارية وحدة الحفر لا بد من تعريف بعض المصطلحات وهي :

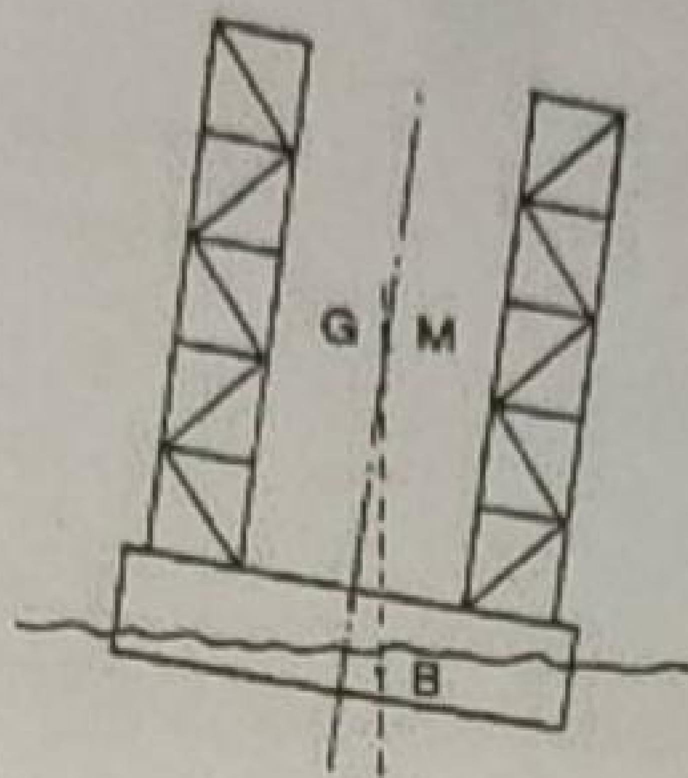
- **مركز الثقل G:** هو مركز تأثير ثقل وحدة الحفر.
- **مركز دائرة الطفو M :** هو مركز الدائرة التي يرسمها تغير موقع مركز تأثير قوة الطفو أثناء الحركة.

وبناء على مواقع المركزين (M،G)يمكن توضيح الحالات التالية:

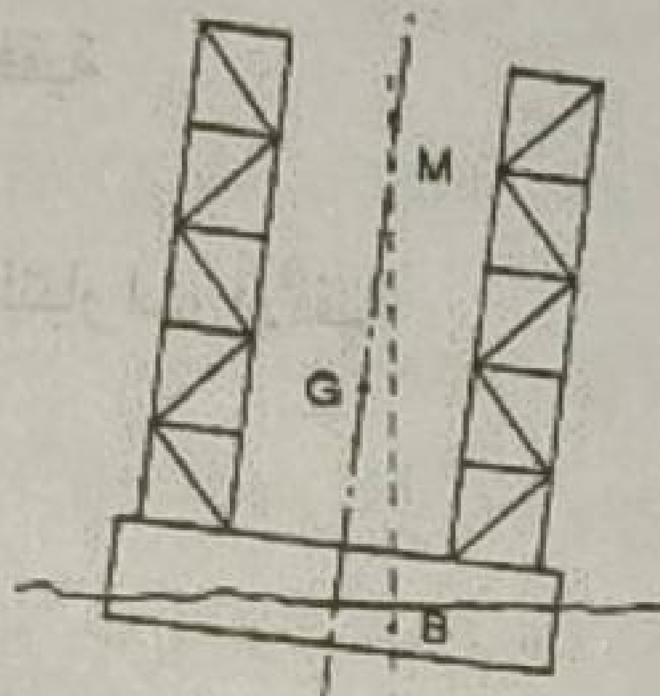
1. **حالة عدم الاستقرار:** يكون مركز الثقل (G) أعلى من مركز الدائرة (M).



2. **الحالة الحيادية (NEUTRAL)**: عندما يكون مركز الثقل (G) ومركز الدائرة (M) متطابقان.



3. **حالة استقرار**: وذلك عندما يكون مركز الدائرة (M) أعلى من نقطة تأثير مركز الثقل.



الفصل الثاني

تصميم الآبار البحرية وصعوبات الحفر البحري

2-1: دراسة قاع المحيط وتعديله:

يمكن التمييز بين الشواطئ الضحلة والشواطئ العميقة حيث يشارك في البناء الجيولوجي لقيعان البحار صخور الأساس والتوضعات الهشة ، ومن العوامل الجيولوجية المؤثرة على عملية الحفر:

1- التنوع الكبير في أشكال التربة.
2- الانتشار الواسع للتربة الغضارية الضعيفة.
3- عمليات الحت والترسيب التي تؤدي إلى إعادة تشكيل تضاريس قاع البحر وتسويتها.
4- وجود الصخور الكبيرة الملساء.

إن التنوع الكبير في أشكال التربة يؤثر في اختيار أداة حت الصخور وطريقة الحفر وبالرغم من كون قاع البحر أو المحيط مغطى عادة برسوبيات ترسبت وتكدست فوق القاع وتعرضت للانضغاط ، إلا أن ذلك لا يمنع وجود حالات من القيعان ذات التكوين الصخري والشكل المورفولوجي الذي يمنع إرساء وتثبيت المنشآت البحرية عليها.

إن هكذا حالات يمكن مصادفتها في القيعان الرخوة كثيراً أو القيعان الصخرية القاسية الوعرة التضاريس ، والتي ساهمت عوامل مختلفة في تشكيلها كالزلازل والفوالق.

ومن أجل تثبيت المنشآت البحرية في هذه القيعان أمامنا حلان:

- التكيف مع الواقع ويتم ذلك ببناء منصات ومنشآت بحرية تتناسب مع شكل وطبيعة القاع .
- تحسين وتعديل القاع بحيث يتم تثبيت المنشآت البحرية بسهولة ويسر.

يتم استخدام الحل الأول في البحار العميقة والعميقة جداً ، أما في المياه الضحلة والشواطئ يتم اللجوء إلى الخيار الثاني.

2-2: تسوية وإزالة العوائق من قاع المحيط:

يغطي قاع البحر بشكل عام كتل صخرية تتفاوت في حجمها ، فتعد الكتل الصخرية ذات الأقطار الأصغر من نصف متر كتل صغيرة ويتم التعامل معها عادة بإزاحتها من الموقع أو بغرسها في القاع الطينية عند تثبيت المنشأة البحرية.

أما الصخور الأكبر حجماً فيتم حصراً إزالتها من الموقع ، وتوجد طرق متعددة لإزالة الصخور وتسوية قاع البحر نذكر منها:

1- استخدام شبكة معدنية موصولة بكبلين موصولين مع سفينة بحرية لجر الأكبال والشبكة وبالتالي جر الصخور بعيداً عن موقع الإرساء.

2- تقطيع الصخور وكسرها ، ويتم استخدام المتفجرات ومن ثم تفجير الصخور من على السطح وأحياناً تستخدم طريقة النفث الهيدروليكي بالماء تحت ضغوط كبيرة جداً تصل إلى (1500 Psi).

3- استخدام مدحلة بوزن كبير جداً مجهزة بأسنان كبيرة حيث يتم دحرجتها على القاع لتفتيت الكتل الصخرية.

4- شفط الأتربة من القاع ورميها في مكان ثاني وذلك باستخدام شفاطات هيدروليكية مركبة على سفن مخصصة لهذه الغاية.

5- يمكن استخدام حفارات مجهزة بأسنان تقوم بحرث الكتل الغضارية ومن ثم جرف الجزء المحفور من الصخر ورفعه إلى الأعلى.

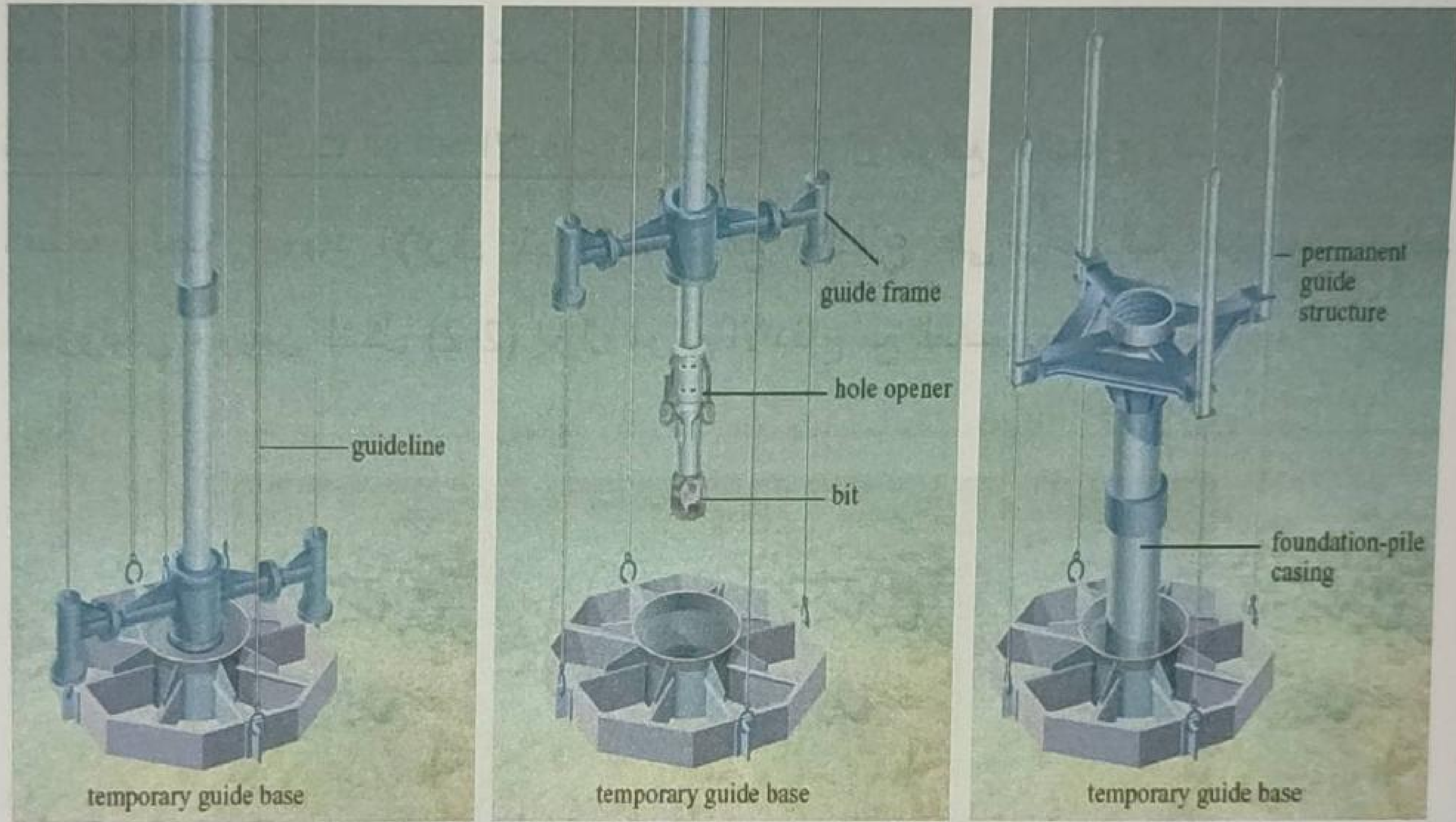
3-2: تصميم الآبار البحرية:

يتضمن تصميم البئر البحرية المراحل التالية:

أولاً: تحديد موقع البئر وتثبيت المنصة البحرية: يحدد موقع البئر عادة من قبل سفن المسح والمراقبة ، واستخدام نظام تحديد الماوقع (GPS) ، ويتم استخدام علامات طافية على سطح المياه ، وفي حال استخدام المراسي لتثبيت المنصة فإنه يتم تثبيتها في القاع عن طريق أوتاد مغروسة ومسمنتة مسبقاً ، ويتم شد هذه السلاسل بقوة للتأكد من متانة الأوتاد المغروسة ويمكن أن تستقر المنصة أيضاً باستخدام نظام التوازن الديناميكي.

ثانياً: إنزال قاعدة التوجيه المؤقتة (Temporary Guide Base): عبارة عن كتلة معدنية ثقيلة وضخمة تحوي في منتصفها على فوهة مركزية كبيرة قطرها بحدود(46 in) (أكبر من

قطر كل المعدات التي سوف تنزل في البئر) ، ولها على أطرافها أوتاد من الأسفل تنغرس في القاع ، وترتكز عليها أماكن لربط أربع أسلاك من الأعلى (قطر السلك 0.75 in) ، وتشد هذه الأسلاك حول بكرات متوضعة تحت سطح المنصة مباشرة ، ويتم معايرة أسلاك الشد للحصول على الأفقية المطلوبة لقاعدة التوجيه ، ويتم إنزال قاعدة التوجيه بواسطة تشكيلة مواسير خاصة ، ويبين الشكل (2-1) قاعدة التوجيه المؤقتة.



الشكل (2-1) يبين قاعدة التوجيه المؤقتة

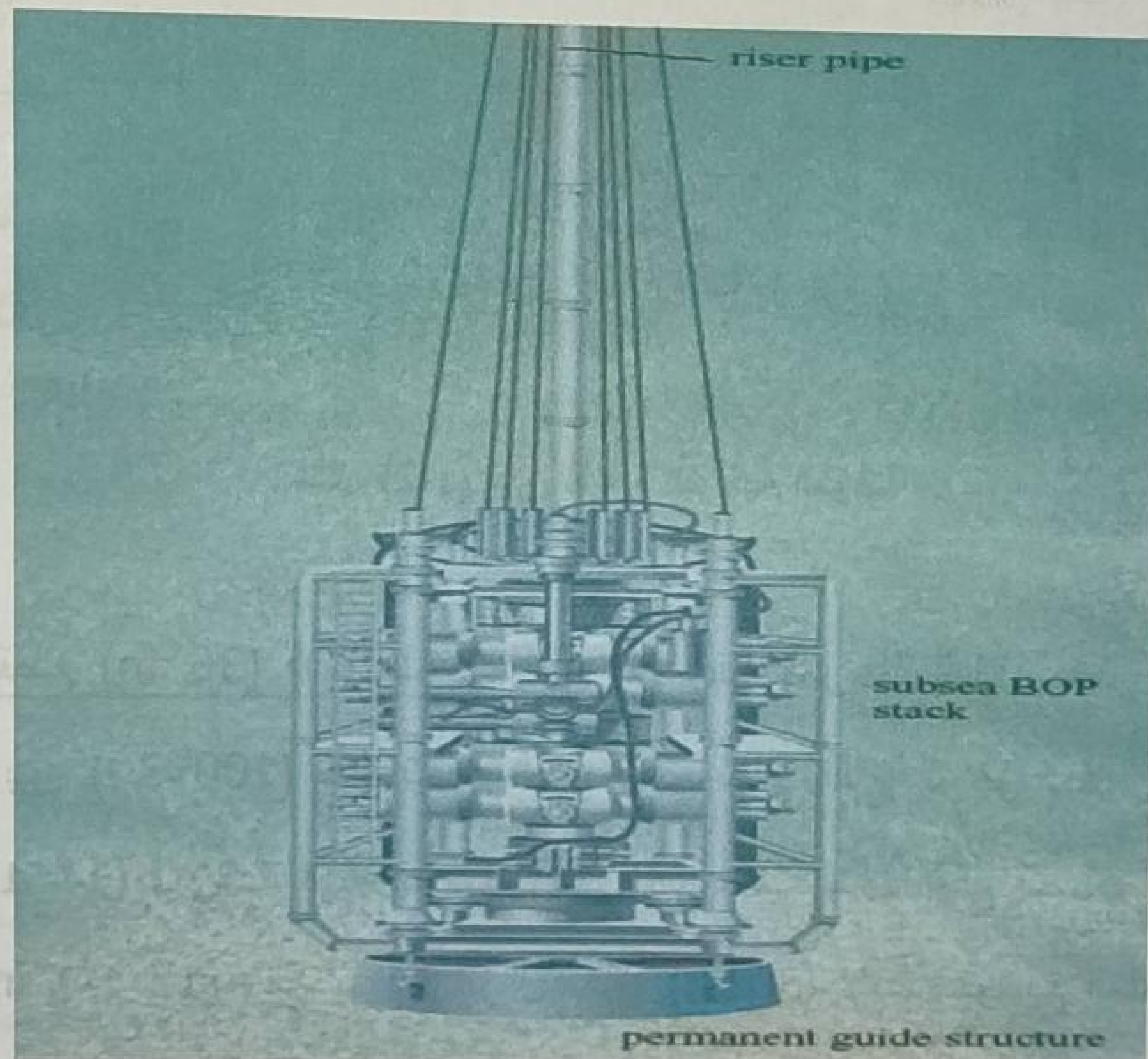
<u>ثالثاً: حفر المقطع (36 in) (المرحلة الدليلة):</u> يتم حفر المرحلة الدليلة بقطر (36 in) إلى عمق يتراوح بين (30–100) متر تحت القاع ، في حال القاع الرخو تحفر المرحلة الدليلة بدقاق (17 1/2 in) ويركب فوقه موسع (36 in) ، في حال القاع الصلب تحفر المرحلة الدليلة بدقاق(17 1/2 in) ومن ثم يتم إنزال دقاق (36 in) لإعادة توسيع المقطع المحفور ، ولا يوجد في هذه المرحلة موانع اندفاع ولا ماسورة صاعدة وتحفر بماء البحر كسائل حفر، وبعد الانتهاء يتم إنزال ماسورة تغليف (30 in) ويتم تدعيمها بالاسمنت.

<u>رابعاً: تركيب المحول الهيدروليكي (Diverter):</u> يمكن حفر المقطع (26 in) عادة براجع سائل الحفر إلى القاع دون تركيب الماسورة الصاعدة إلى عمق حتى (300–800) متر ولكن

في الآبار الاستكشافية يفضل تركيب الماسورة الصاعدة (Riser) والمحول الهيدروليكي والذي يحول الجريان نحو ماء البحر عند اللزوم.

خامساً: حفر المرحلة السطحية (المقطع 26 in): وبعد الانتهاء من حفر هذه المرحلة يتم إنزال مواسير التغليف (20 in) ويتم تدعيمها بالإسمنت ، ويركب فوق هذه المرحلة رأسية البئر (18 3/4 in) التي تكون لها مواصفات خاصة بتحمل الضغوط العالية جداً ، حيث أن موانع الاندفاع سوف يتم تركيبها فوق رأسية البئر ولذلك يجب أن تتحمل الضغوط المرتفعة جداً ، كما سيركب عليها لاحقاً شجرة الميلاد.

سادساً: إنزال وتثبيت موانع الاندفاع: حيث يتم إنزال موانع الاندفاع والماسورة الصاعدة كقطعة واحدة ، وبعد الإنزال يتم تثبيت موانع الاندفاع على رأس البئر من خلال لاقط هيدروليكي ، ويبين الشكل (2-2) إنزال موانع الاندفاع مع الماسورة الصاعدة.



الشكل (2-2) يبين إنزال مجموعة موانع الاندفاع وتثبيتها على رأس البئر

سابعاً: حفر المرحلة الوسطية الأولى (المقطع 17 1/2 in): وتغليف هذه المرحلة بمواسير تغليف (13 3/8 in) ومن ثم تدعيمها بالاسمنت.

ثامناً: حفر المرحلة الوسطية الثانية (المقطع 12 1/4 in): وإنزال مواسير تغليف (9 5/8 in) وتدعيمها بالاسمنت.

تاسعاً: حفر المرحلة الإنتاجية (المقطع 8 1/2 in): وبعدها يتم تغليفها بمواسير تغليف (7 in) ومن ثم تدعيمها بالاسمنت.

عاشراً: تجهيز البئر لعمليات الإنهاء: وذلك بعد الانتهاء من تغليف المرحلة الإنتاجية حيث يتم تثقيب البئر مقابل الطبقة المنتجة عن طريق مسدس تثقيب ، وبعدها يتم إنزال مواسير الإنتاج وكذلك يتم فصل وإزالة موانع الاندفاع وتركيب شجرة الميلاد القاعية على رأس البئر ليتم الإنتاج من البئر.

4-2: صعوبات الحفر البحري:

يمكن تصنيف هذه الصعوبات كما يلي:

- صعوبات تتعلق بتوازن واستقرار المنصة البحرية.
- صعوبات تتعلق بتوجيه المعدات إلى البئر.
- صعوبات تتعلق بالتحكم بالمعدات وتوجيهها من بعد.
- صعوبات تتعلق بملوحة المياه البحرية.
- صعوبات تتعلق بتنفيذ شبكة من الآبار الموجهة من نفس المنصة البحرية.

أولاً: الصعوبات المتعلقة بتوازن واستقرار المنصة البحرية:

قبل نقل المنصة إلى موقع العمل يتم القيام ببعض القياسات التي لها علاقة باستقرار و توازن المنصة البحرية و منها:

1- عمق المياه.

2- شكل قاع البحر ووجود الصخور الحطامية.

3- تماسك التربة و احتمال و جود غاز على أعماق قليلة.

4- تحديد مدى تحمل التربة للإجهادات بأخذ عينات و فحصها مخبرياً.

5- تجميع معلومات عن الشروط الجوية في المنطقة خلال فترة زمنية تتراوح بين (25 إلى 50) سنة (سرعة الرياح - التيارات البحرية - سرعة وارتفاع الأمواج - العواصف وغيرها.....).

وعلى ضوء المعلومات السابقة يتم تعيين القوى المحورية ثم الأفقية التي ستتعرض لها ركائز المنصات البحرية الثابتة وذلك من أجل تصميمها بشكل مناسب (عمقها ، قطرها ، سماكة جدرانها) ، وعندما يكون قعر البحر طرياً يتم إدخال الركائز إلى أعماق كبيرة لتتحمل ثقل

المنصة والمعدات المركبة عليها وتقاوم عزم الفتل الذي تسببه الرياح والأمواج والتيارات المائية ويتم مراقبة أرجل المنصة لتفادي أية عوارض قد تؤدي إلى انقلاب المنصة.

بالإضافة إلى ما ذكر أعلاه فإن عدم الثبوتية والاستقرار يمكن أن تنتج عنه صعوبات في تنفيذ العديد من العمليات وأحياناً تؤدي إلى توقف العمل أو إلى كوارث تودي بالمنصة والعاملين عليها.

الاستقرارية ببساطة هي قدرة المنصة على البقاء بشكل طاف ومستقر تحت المؤثرات المختلفة التي ذكرناها سابقاً ، ومن وسائل تخفيف الاهتزازات وعدم استقرار المنصات البحرية نذكر:

أ- الماسورة الصاعدة البحرية (Marin Riser): نتيجة الحالة القلقة التي تتواجد فيها المنصة البحرية ، وباعتبار أن موانع الاندفاع في أغلب الأحيان تركب على قاع البحر ونتيجة الحاجة لراجع سائل الحفر أن يكون على السطح ، ومن أجل توجيه المعدات إلى فوهة البئر بشكل صحيح يتم تركيب الماسورة الصاعدة والتي تصل فوهة البئر بعد موانع الاندفاع مع المنصة البحرية.

يوكل إلى الماسورة الصاعدة مهام مختلفة منها:

- ✓ تشكيل قناة لإيصال سائل الحفر إلى سطح المنصة.
- ✓ تشكيل طريق تسلكها مجموعة مواسير الحفر ومواسير التغليف إلى داخل البئر.
- ✓ تحمي مواسير الحفر من التماس المباشر مع مياه البحر .

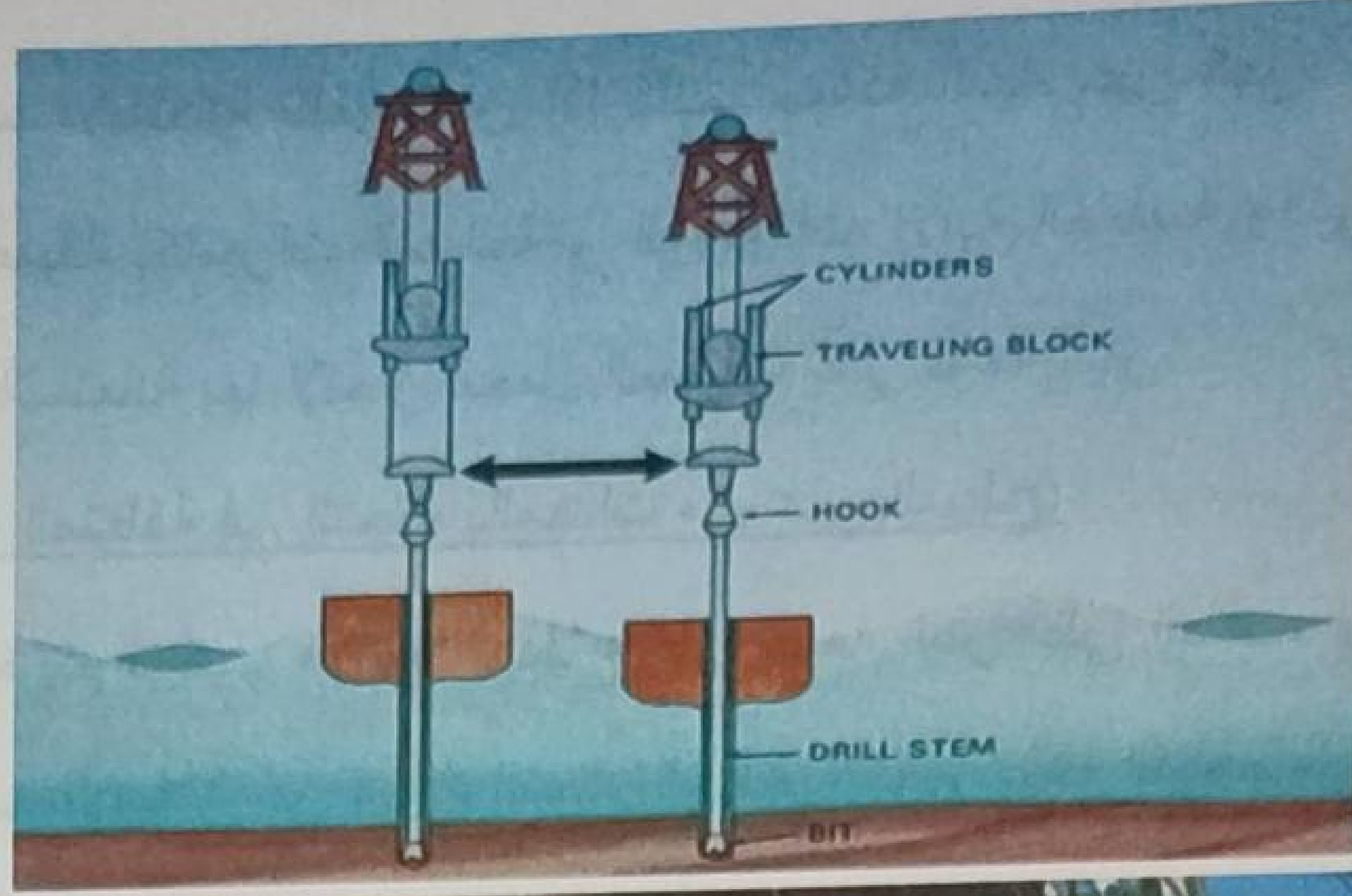
تحوي الماسورة العازلة:

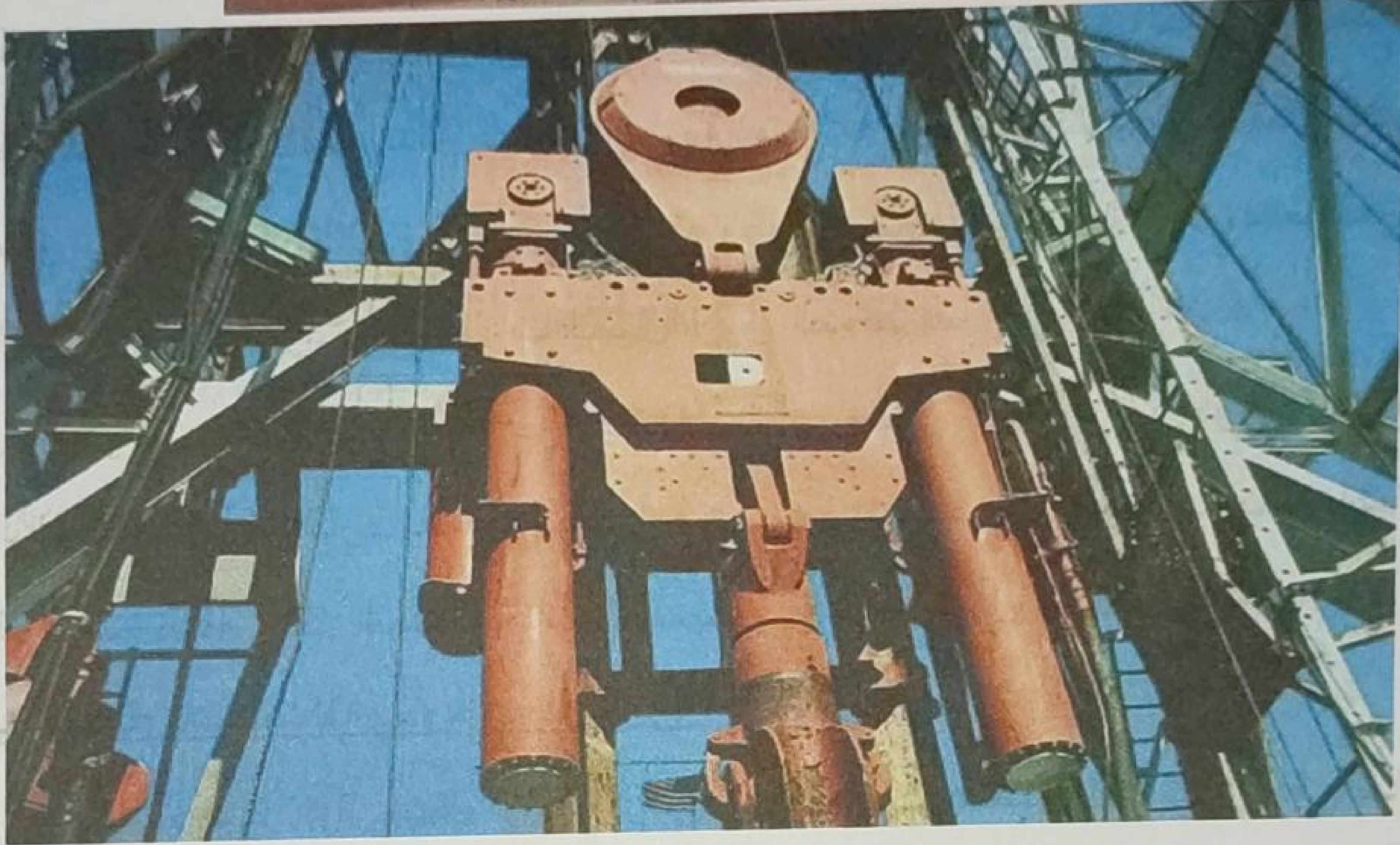
1- الوصلة المرنة أو مفصل كروي للسماح بالحركة الجانبية للماسورة (بحدود عشر درجات).

2- وصلة تلسكوبية للسماح بالحركة العمودية للمنصة صعوداً وهبوطاً.

ب- أجهزة تخميد الحركة العمودية المركبة ضمن وحدة الحفر:

تركب ما بين مجموعة البكرات المتحركة والخطاف ، يعتمد على نظام هوائي معلق في البكرات المتحركة حيث يضغط الهواء في الاسطوانتين عند صعود البكرات وترك الخطاف ثابتاً في مكانه تقريباً وبذلك تتم حماية مجموعة مواسير الحفر المعلقة بالخطاف من التأثر بالحركة العمودية لوحدة الحفر ، ويبين الشكل (2-3) نظام تخميد الحركة العمودية لمنصة الحفر.





الشكل (2-3) يبين جهاز تخميد الحركة العمودية

ثانياً: الصعوبات المتعلقة بتوجيه المعدات إلى البئر:

كون مياه البحر تشكل مسافة فاصلة بين رأس البئر على قاع البحر و سطح المنصة البحرية فإن هناك صعوبات تتعلق بإنزال المعدات و تبدأ هذه الصعوبات بتحديد فوهة البئر والمحافظة عليها من الانهيار و التهدم و صولاً إلى إنزال و تركيب الماسورة الدليلية و مراحل التغليف المختلفة و تركيب رأس البئر و البريفنترات و شجرة الميلاد.

في المراحل الأولى من بناء البئر يتم الاستعانة بقاعدة التوجيه المؤقتة في توجيه وإنزال المعدات داخل البئر ، ثم يتم الاستعانة بقاعدة التوجيه الدائمة ، وبعد تركيب الماسورة الصاعدة تلعب هذه الماسورة الدور الحاسم في توجيه المعدات داخل البئر.

من الممكن أيضاً الاستعانة بالغواصين إذا كانت سماكة المياه غير كبيرة ويتم الاستعانة في حالات المياه العميقة بكاميرات المراقبة و الروبوتات الآلية الغاطسة والتي تجهز بالأضواء والأذرع الآلية للاستعانة بها لإنجاز مجمل العمليات على فوهة البئر.

ثالثاً: الصعوبات المتعلقة في التحكم بالمعدات من على السطح:

في حالات كثيرة يتم تركيب موانع الاندفاع على فوهة البئر على القاع ، إن المسافة الكبيرة التي تفصل موانع الاندفاع عن وحدة التحكم السطحية تحتم علينا القيام بإجراءات تتناسب مع هذا البعد وتلافي مساوئ البطء في وصول الأوامر إلى موانع الاندفاع ، لذلك يتم تخصيص خط هيدروليكي يقوم بنقل سائل التشغيل إلى موانع الاندفاع ، ويكون هذا الخط تحت الضغط المسبق بحدود (3000 Psi) ، بمعنى آخر يتم وضع موانع الاندفاع في دارة مضغوطة سلفاً وبالتالي وعند أي طارئ سوف يلزمنا إيصال فروق الضغط فقط إلى موانع الاندفاع.

من الإجراءات المتخذة استخدام خراطيم ذات قطر صغير (أصغر من حوالي "3/16) وبالتالي يتم وصول إشارة الضغط بشكل أسرع ، كما يتم استخدام اسطوانات تحكم إضافية وذلك لزيادة ضغط سائل التحكم وبالتالي الحصول على زمن تشغيل مناسب.

رابعاً: الصعوبات المتعلقة بملوحة مياه البحر:

إن ملوحة مياه البحر تؤثر بشكل أو بآخر على تآكل المعدات المعدنية التي تكون على تماس مباشر معها ولاسيما أن مياه البحار والمحيطات تحتوي على عدد كبير من الأملاح والغازات المنحلة و ملوحة البحار تعتمد على كمية التبخر وكمية المياه العذبة التي تنقلها الأنهار وهي بحدود (3.5%).

وتعطي الأملاح المنحلة لمياه البحر خاصية الناقلية الكهربائية ، و القدرة الكبيرة على تخريب المعدن ، و تتفاعل شوارد الكلور مع معدن الحديد بشكل خاص (المكون الأساسي لمعدات وحدة الحفر و المنصات البحرية) ، أي أنها تقلل كثيراً من مقاومة المعدات الحديدية (مواسير وأعمدة الحفر – مواسير التغليف – أرجل المنصات البحرية – الماسورة الصاعدة).

ويرتفع التأثير ألتآكلي الكيميائي للمياه المالحة بارتفاع تركيز الأملاح المنحلة فيها و يأخذ قيمة عظمى عند التركيز (3%) حيث يأخذ بالتباطؤ بسبب انخفاض قابلية غاز الأكسجين للانحلال في المياه مع ارتفاع درجة الملوحة.

كما يزداد هذا التأثير ألتآكلي للمياه المالحة مع ازدياد سرعة تدفقها التي تساهم في تزويدها بغاز الأكسجين المساعد على التآكل و للتقليل من التأثير ألتآكلي لمياه البحار و المحيطات يتم طلاء المعدات المعدنية التي تتلامس مع المياه بمواد واقية تحميها من التلامس المباشر مع المياه و توجد أنواع متعددة من هذه المواد بأسماء تجارية و تراكيب كيميائية تتبع الشركات الصانعة لها.

خامساً: الصعوبات المتعلقة بتنفيذ شبكة من الآبار الموجهة من المنصة البحرية:

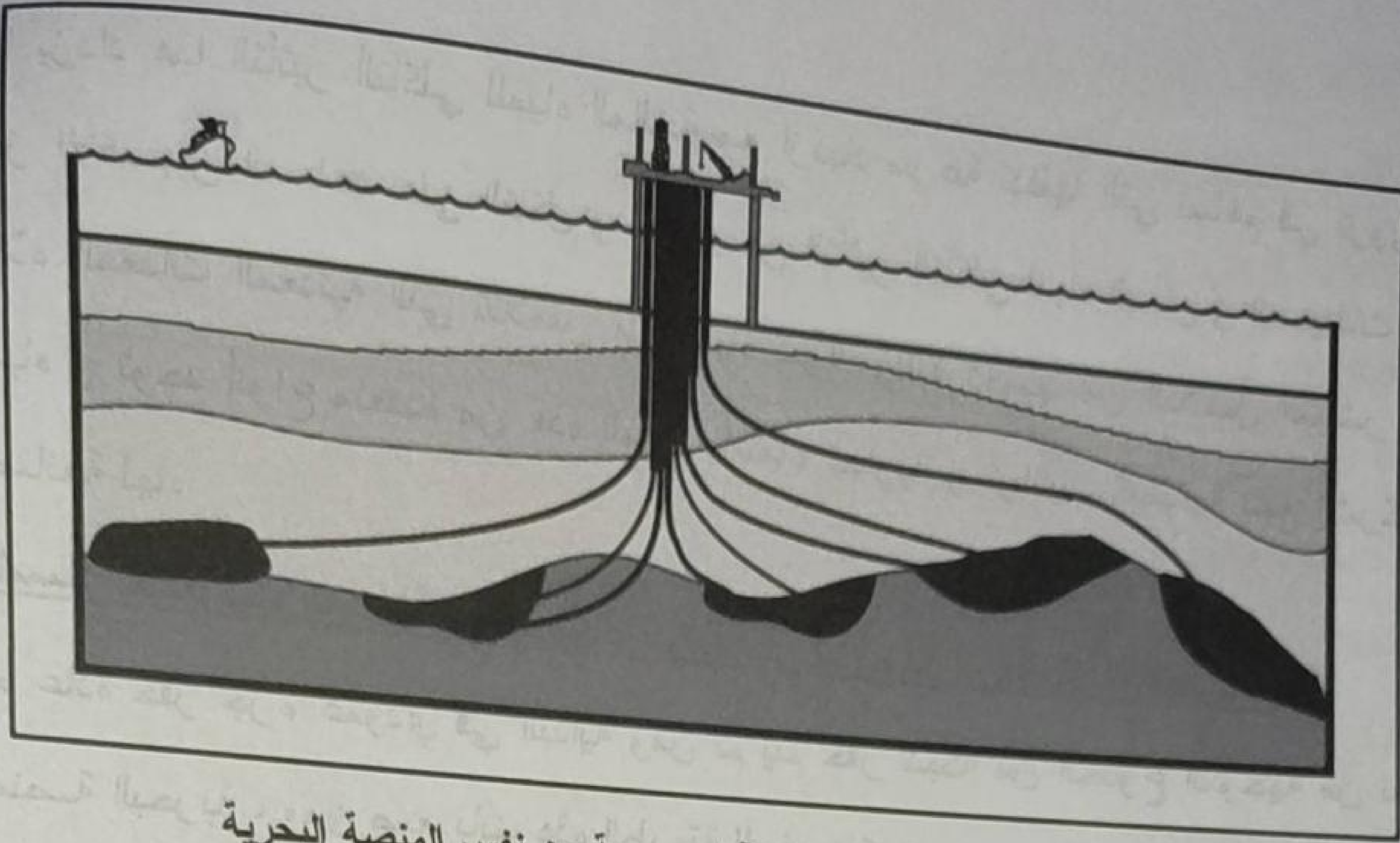
يتم عادة حفر جزء عمودي في البداية ومن ثم يتم حفر شبكة من الجذوع الموجهة من نفس المنصة البحرية ، ومن صعوبات هذه الطريقة للحفر نذكر:

1. تأجيل عمليات الإنتاج من الآبار لحين الانتهاء من عمليات الحفر كاملة.
2. إن حفر الآبار المائلة يفرض مشاكل مرور المعدات إلى داخل البئر وفي الجذوع المختلفة.
3. المشاكل المترتبة على إيقاف الإنتاج عند عمليات الإصلاح المختلفة.
4. مع عمليات الرفع والإنزال يتآكل تغليف المرحلة الإنتاجية.
5. إن استثمار الآبار البحرية العميقة بواسطة المضخات يعرضها لإمكانية قطع قضبان الضخ.
6. صعوبة الوصول إلى الطبقات قليلة السماكة.
7. زيادة ميول الآبار الموجهة يزيد طول البئر ويزيد المقاومات الهيدروليكية ، كما يزيد زمن الرفع والإنزال ومشاكل احتكاك المعدات مع جدران البئر.

ويبين الشكل (2-4) كيفية تنفيذ شبكة الآبار الموجهة من نفس المنصة البحرية.

سادساً: صعوبات تتعلق بنقل المعدات:

نظراً لكثرة المعدات التي يلزم استخدامها من مواسير حفر و تغليف و عمليات تحضير سوائل الحفر و العمليات الإسمنتية و ما يتطلبه الأمر من وجود مساحة كافية و روافع و خزانات ومستودعات إضافية إلى متطلبات السكن للعمال و تبديل وردياتهم و ضرورة المحافظة على البيئة و عدم تلويث مياه البحر مما يتطلب نقل منتجات الحفر إلى اليابسة هذا كله يستوجب الكثير من الإجراءات بخصوص هذه الصعوبات إضافة إلى أتمتة العمليات و المراقبة والتحكم للتقليل قدر الإمكان من المشاكل و إنجاز البئر بأقصى قدر ممكن من السرعة.



الشكل (2-4) يبين عملية حفر عدة آبار موجهة من نفس المنصة البحرية

سابعاً: تكاليف الحفر في البحار و المحيطات:

عمليات الحفر و الإنتاج تحت المياه العميقة مكلفة جداً نظراً لارتفاع إيجارات أجهزة الحفر البحرية و تكاليف تشغيلها و كذلك أعباء تموين العاملين بمنصات الحفر و نقلهم ، و حاجة موقع الحفر البحري لتجهيزات من أرصفة ثابتة و غيرها ، ومع ذلك فقد بلغ إجمالي المساحات المرخص بالحفر فيها تحت مياه تزيد أعماقها عن (1500) على مستوى العالم حوالي (1.13) مليون كيلو متر مربع ، و عندما تتأكد الجدوى الاقتصادية للنفط أو الغاز تقام منصة من الصلب أو الخرسانة لتكون مركز تجميع ثابت ، و يمكن من كل منصة حفر حتى (40) بئر بأسلوب الحفر الموجه و تصمم مثل هذه المنصات طبقاً لعمق الماء و بحيث يرتفع سطح المنصة على الأقل (100) لما يحمي المعدات من تأثيرات أمواج البحر ، و في حالة الاكتشافات المحدودة البعيدة عن الشاطئ يصبح استخدام المنصات بغير جدوى اقتصادية.

و يلزم في حالة إكمال البئر تحت سطح الماء تطوير أجهزة التحكم الهيدروليكية عن بعد في الآبار وهو ما يجعل تكلفتها تعادل (15 - 45 %) من التكلفة الإجمالية للبئر.

ثامناً: حجم الماسورة الصاعدة و التغليف الكبير القياس:

يتطلب حفر الآبار البحرية ذات السماكة الكبيرة من المياه ماسورة صاعدة طويلة و ذات قطر كبير و مراحل متعددة من التغليف ذات الأقطار الكبيرة هذا كله يؤدي إلى الحاجة لكمية زائدة من سائل الحفر ، و السعة الداخلية للماسورة الصاعدة بطول يصل إلى(2500) هي بحدود (972 bbl) ، كما أنه من المألوف في حفر الآبار البحرية ذات السماكات الكبيرة من المياه أن يكون حجم سائل الحفر في دورة السائل ما يزيد عن (4000 bbl) و هذه الكمية الكبيرة من

السوائل تتطلب كمية كبيرة للمعالجة و الصيانة و الكميات الزائدة من الإضافات تستوجب تنظيم و ترتيب كبير بسبب محدودية المساحة و الحمولة المسموح بها على سطح المنصة كما أن وجود هذه المواد بعيداً عن متناول اليد و لاسيما في عمليات الحفر البحري يؤدي إلى ضياع كبير في الزمن على عملية نقل هذه المواد إلى البئر و لهذا فإن الشكل الذي تتواجد فيه هذه المواد يمكن أن يؤثر على زمن الإضافة و الكثير من وحدات الحفر العائمة يوجد بها خزانات للسوائل ذات سعات كبيرة يمكن استعمالها لتخزين المواد السائلة و هذا يساهم في ترك فراغ على سطح و حدة الحفر لتخزين مواد أخرى أما المواد الجافة فيمكن نقلها في بالات لتقليل الهدر و الضياع و هذا مهم جداً بالنسبة لتقليل الكلفة و خاصة في الآبار البحرية ذات السماكة الكبيرة من الماء.

تاسعاً: الجيوب الغازية و كيفية التعامل معها:

كثيراً ما تصادف جيوب غازية على أعماق قليلة في البيئة البحرية و تكون عادة على شكل مصائد رملية محدودة الانتشار و هذا أحد الأسباب التي تجعلها تصادف في بئر دون أخرى مجاورة لها.

و قد يتم انتقال الغاز بطرق مختلفة كوجود فالق أو قنوات تكون متصلة بشكل أو بآخر بالصخور الأم حيث تتشكل المواد الهيدروكربونية (كوجود الغضار عالي العضوية أو وسط مناسب مثل الحرارة أو الضغط يساعدان في تشكل الغازات) وهكذا يمكن تلخيص بعض الأسباب التي تؤدي إلى الاندفاعات في البيئة البحرية:

1- وجود أي سبب من أسباب ارتفاع الضغط.

2- عدم التعبئة المناسبة للبئر.

3- حصول تهريب بسبب كسر الطبقات أسفل الحذاء.

4- فقدان الضغط الهيدروستاتيكي نتيجة تمدد و تدفق الغاز قرب السطح.

و هناك عدة معادلات لتقدير فقدان الضغط الهيدروستاتيكي هذا و منها:

$$BHP = 225.5\left(\frac{\rho_1 - \rho_2}{\rho_2}\right)\log\frac{P_X}{98.1}$$

حيث أن:

PX: الضغط الستاتيكي للبئر و هو خالٍ من الغاز(kpa).

ρ1: كثافة سائل الحفر الخالي من الغاز (kg/m3).

ρ2: كثافة سائل الحفر الخارج و الحاوي على الغاز (kg/m3).

BHP: التغير في الضغط على القاع (kpa).

وهناك سبب آخر لاحتمال حصول الاندفاع على الأعماق الضحلة في البيئة البحرية هو تفريغ الفراغ الحلقي من الفتات حيث يوجد احتمالية لحصول اندفاع عند إجراء دوران تنظيف سائل الحفر من الفتات.

في بعض الأحيان يمكن أن يحصل تهريب كلي مما يؤدي إلى حصول الاندفاع ، و لتقدير حجم أو مقدار التفريغ الذي يحصل في البئر نستخدم العلاقة التالية مع افتراض عدم وجود تهدم أو توسع في جدران البئر أثناء الحفر:

$$Vc = \frac{d^2 . R}{7.639 \times 10^7}$$

حيث أن:

VC: حجم الفتات (m3/h).

d: قطر البئر (mm).

R: معدل الاختراق (m/h).

$$D_a = \frac{(V_m \times D_m) + (V_c \times D_c)}{V_m + V_c}$$

حيث أن:

Da: كثافة السائل في الفراغ الحلقي (kg/cm3).

Dm: كثافة السائل في المواسير(kg/cm3).

DC: الكثافة الوسطية للفتات (kg/cm3).

Vm: غزارة الدفاش (m3/min).

<u>**حالات اندفاع الغاز في البئر البحرية:**</u>

<u>أولاً:</u> تطور اندفاع الغاز في البئر البحرية في الحالة التي تكون فيها الماسورة الصاعدة مركبة:

الخبرة في حفر الآبار البحرية تشير إلى أنه توجد مرحلة انتقالية ابتدائية يتم خلالها تفريغ الماسورة الصاعدة والبئر ومن ثم يتبعها حالة مستقرة من اندفاع الغاز.

هذه المرحلة الانتقالية تحصل لزمن قصير ولكنها مؤشر خطير لحصول الاندفاع.

تتالي الحوادث واحد إن كان في المنصة البحرية الثابتة أو في المنصة ذاتية الرفع المركب عليها ماسورة دليلة أو في المنصات العائمة المركب عليها ماسورة صاعدة.والاختلاف المهم في الضرر الذي يمكن أن تتعرض له الوصلة التلسكوبية في الماسورة الصاعدة التي تتعرض للتسرب عندما يتم إغلاق المحول وتحاول القوى التي تتعرض لها هذه الوصلة إلى إطالة الوصلة ودفع كل من المحول و الطاحون نحو الأعلى. وإن حصول تحطم للماسورة الصاعدة هو الاحتمال الأبعد والذي يجب أخذه بعين الاعتبار.

بفرض أنه أثناء حفر البئر بقطر صغيرة أن كثافة سائل الحفر غير كافية لموازنة ضغط الغاز في الجيب الغازي وذلك عند اختراق أعلى العدسة الرملية الغازية ، فإن الغاز سوف يبدأ بالتسرب إلى البئر وبمعدل يعتمد على النفوذية وفرق الضغط حيث يكون فرق الضغط في البداية قليل ولكنه يزداد مع ارتفاع الغاز في البئر. مع حصول إزاحة لسائل الحفر من أعلى الماسورة الصاعدة وانخفاض في مستوى السائل فإن حجم الغاز الذي يدخل الماسورة الصاعدة يزداد بسبب تمدده نتيجة انخفاض الضغط الهيدروستاتيكي لسائل الحفر وهذا يؤدي إلى تعاظم تدفق الغاز من العدسة الرملية ، وهكذا يحصل تسارع في التدفق ومن ثم يحصل تفريغ للسائل المتبقي في الماسورة الصاعدة بقوة انفجارية حيث تخرج مخدة كبيرة من الغاز بشكل مفاجئ من أعلى الماسورة الصاعدة.

وإنه لمن الصعوبة بمكان وضع مقياس أو جدول زمني للفاصل الزمني الذي يفصل بين الحوادث المذكورة ، وإن استخدام المحولات لا يمنع اندفاع الغاز الضحل ولكن استعماله يساعد في تقليل خطورة الاندفاع عند حصوله.

<u>ثانياً:</u> تطور الاندفاع أثناء الحفر بدون تركيب ماسورة صاعدة:

الخبرة العملية تشير إلى أن الغاز سوف يتسرب في هذه الحالة على شكل مخروط يكون الماء داخله قليل الكثافة و زاوية المخروط تتراوح بين (8 - 10) درجة و يمكن توجيه المخروط الغازي بعيداً عن الحفارة بعدة وسائل (الدور الهام للتيارات البحرية و عمق المياه) و في المياه الضحلة (أقل من200 m) تكون فعالية هذه الإزاحة قليلة و يمكن شد الحفارة بواسطة أكبال التثبيت بحيث يتم إبعاد الحفارة خارج المخروط.

ومن أجل التقليل من مخاطر الغاز الضحل هناك مجموعة من الإجراءات التي يتم اتخاذها وهي:

1 - دراسة القياسات السايزمية لمعرفة وجود مثل هذه الجيوب الغازية و إزاحة موقع المنصة البحرية عند التأكد من وجود هذه العدسات الغازية.

2- حفر البئر بطريقة (pilot hole) أي الحفر بقطر صغير لاختراق المجال المحدد حيث تكون السيطرة على البئر ذات المقطع الصغير أسهل و يتم توسيعها لاحقاً إلى القطر المحدد.

3- الحفر بدون ماسورة صاعدة بحيث يكون الراجع إلى قاع البحر إن أمكن.

4- تركيب صمام عدم رجوع ضمن تشكيلة الحفر.

5- تقليل سرعة الحفر.

6- التحكم بسرعة حركة المواسير.

7- تجنب تلبد رأس الحفر و حصول شفط.

8- المحافظة على البئر ممتلئ بالسائل.

9- تركيب المحول الهيدروليكي عند الحفر و الماسورة الصاعدة مركبة.

و تعتبر مراقبة البئر أثناء الحفر لملاحظة أية مؤشرات للاندفاع في غاية الأهمية حيث يتم مراقبة الراجع من قبل طاقم الحفارة و من خلال وحدة الطفلة و التأكد من وجود غاز في الراجع أو عدمه ، أما إذا كان الراجع يتم نقله إلى قاع البحر فإنه يبذل جهد لمراقبة وجود غاز في هذا الراجع و لهذا يتم تركيب كاميرا تلفزيونية و مراقبة المنطقة المحيطة بفوهة البئر وإذا لوحظ وجود أي غاز يتم توقيف الحفر وعلى خبير الحفر تقدير الحالة إذا كان بالإمكان متابعة الحفر.

<u>عاشراً: تعليق الحفر:</u>

في حالات الطقس السيئة يتم إجراء التحضيرات لتعليق العمل بحيث يمكن نقل و حدة الحفر خارج العاصفة حتى لا تتعرض المعدات تحت سطح الماء للأذى.

و أثناء تعليق العمل يتم تعليق المواسير عند رأس البئر حيث تصبح الحفارة في وضعية يمكن من خلالها فك الماسورة الصاعدة.

و يتم تعليق مواسير الحفر إذا ساءت الأحوال الجوية أثناء الحفر ومن الضروري رفع رأس الحفر إلى الحذاء قبل تعليق المواسير و من المهم إجراء التحضيرات و عمليات الفصل في الوقت المناسب إذ من الأفضل إجرائها باكراً بالنسبة لإجرائها متأخرة.

و المؤشرات و الشروط التي على ضوئها يتم اتخاذ قرار التعليق هي:

1- حركة وحدة الحفر أو الظروف الجوية أصبحت بحالة سيئة و صعبة لدرجة أن الاستمرار بعمليات الحفر يمكن أن يعرض العاملين للخطر.

2- التأرجح لطاحون الحفر يصل إلى (2 m) و كحد أقصى (3 m).

3- زاوية ميلان الوصلة الكروية السفلية في الماسورة الصاعدة تبلغ (4 – 6) درجات كحد أعظمي.

4- خطوط شد و تثبيت و حدة الحفر تتعرض لشد مقداره (75%) من قوة الشد التي اختبرت عليها.

5- قوة شد الماسورة الصاعدة تبلغ (80%) من قوة الشد الأعظمية التي يمكن شد الماسورة الصاعدة بها.

6- عندما يتم استخدام (65%) من طاقة حسابات التوجيه للمحافظة على موقع الحفارة بالحدود المقبولة.

و يمكن تعليق مواسير الحفر مباشرةً على ماسكات المواسير وهي ليست مستحسنة ومن أجل تجنب التآكل في الماسكات و لتسهيل استرجاع المواسير تم تطوير أدوات تعليق خاصة.

الفصل الثالث

عمليات الحفر البحري

Offshore Drilling Operations

1-3: عمليات ما قبل الحفر:

تتضمن عمليات ما قبل الحفر الإجراءات التالية:

أولاً: عمليات النقل:

1- قبل البداية بعمليات النقل لابد من تثبيت كافة القطع القابلة للتحرك من مكانها وإغلاق كافة الفتحات والأبواب التي ستكون على تماس مباشر مع الماء.

2- يجب أن يكون عدد القوارب كافيا لتأمين الطاقة اللازمة للسيطرة على المنصة وسحبها بالسرعة المناسبة في الظروف المناخية الصعبة.

3- يتم إنزال جسم وحدة الحفر حتى تصبح فجوة الهواء (المسافة بين جسم الوحدة وسطح الماء) حوالي 2 متر.

4- يتم التأكد من حالة الطقس عن طريق مراجعة الحالة خلال 48 ساعة الماضية ثم يتم ربط قوارب السحب (قارب في كل زاوية) ، ونتابع عملية إنزال الوحدة مع التأكد من عدم وجود أي تسرب للماء إلى داخل الوحدة.

5- يتم رفع أرجل وحدة الحفر عن القاع خلال عملية النقل ، وقد تستغرق هذه العملية عدة ساعات وأحياناً عدة أيام فيما إذا كان عمق انغراس الأرجل في القاع كبيراً ، في مثل هذه الحالات يستخدم تيار الماء الذي يتم نفثه من خلال فالات مثبتة في الأرجل المستعصية ضمن القاع ، وفي حال عدم نجاح هذه العملية يتم تفريغ قسم من سائل التثقيل الموجود في التنكات المقابلة للأرجل المستعصية وذلك للتقليل من الحمولة التي يسببها.

تقسم عمليات السحب والنقل إلى طريقتين:

- الطريقة الرطبة: تبحر المنصة كسفينة بمساعدة قوارب تسحبها وتكون الأرجل مرفوعة ، الشكل (3-1).
- الطريقة الجافة: تحمل المنصة على سفينة نقل كبيرة تنقلها وخاصة عندما يكون النقل لمواقع بعيدة ، الشكل (3-2).



الشكل (3-1) يبين الطريقة الرطبة في النقل



الشكل (3-2) يبين الطريقة الجافة في النقل

ثانياً: استطلاع الموقع:

لابد من استطلاع الموقع الجديد قبل تركيب الحفارة فيه ، وهذا الاستطلاع مهم لصاحب الحفارة ولشركة التأمين ، وذلك للتأكد من أن القاع مناسب لتركيب المنصة البحرية.

يشمل الاستطلاع مساحة ($0.5\ Km^2$) حول موقع البئر ويشمل ما يلي:

- عمق مياه البحر والتأكد من وجود طرق إبحار إلى الموقع.
- وجود المواد الحطامية على القاع.
- إجراء قياس سيزمي لقاع البحر لتحديد عمق المقطع المتماسك (الصلب) من التربة.
- وجود أنابيب نقل أو رأس بئر أو أية حطاميات في الجوار.
- الحصول على عينات من التربة وتحليلها.

من المفترض أن يتم الاستطلاع و إجراء القياسات قبل (3–4) أسابيع من وصول الوحدة إلى الموقع ليتسنى لكافة الأطراف المعنية الإطلاع على النتائج وتحليلها.

ثالثاً: الوصول الى الموقع:

بعد وصول وحدة الحفر إلى الموقع ، وخلال فترة غرس الأرجل في تربة القاع فإنه يتم تثبيتها في المكان وتهدئتها بواسطة قوارب السحب بحيث يتم ربط قارب بكل زاوية ، مع العلم بأن هذا الأمر لا يتم بسهولة فهو بحاجة إلى تنسيق بين القوارب ووحدة الحفر ، وبعد ذلك يتم إنزال الأرجل ، يتم ربط قاربين على مؤخرة وحدة الحفر تقوم بسحب الوحدة عند أي شكل من أشكال الخطر ، وتبقى مربوطة مع وحدة الحفر حتى الانتهاء من التحميل على الأرجل وتثبيتها.

2-3: عمليات الحفر البحري:

بعد التأكد من استقرار وثبات المنصة البحرية يتم تنفيذ العمليات التالية:

أولاً: تحسس قاع البحر:

ويتم خلال ذلك تنفيذ ما يلي:

1- التأكد من عمق (سماكة) المياه.

2- إجراء اختبار لاختراق قاع البحر بإنزال تشكيلة حفر عبارة عن رأس حفر قياس ("1/2 17 أو "26) وموسع ("36) مع أعمدة حفر ("10) ، وفي حال توقع وجود غاز على أعماق قليلة يتم استخدام رأس حفر ("1/2 17 أو "26) في التنزيل الأول ومن ثم يتم إنزال رأس الحفر مع موسع ("36) في التنزيل الثاني ، ويتم في جميع الأحوال تحسس القاع بواسطة تشكيلة بدء الحفر ومعرفة مدى تماسك تربة قاع البحر.

3- إذا لم يحصل اختراق بالإجراء السابق ، يتم تشغيل دفاشات الحفر بتأنٍ وإجراء دوران للمواسير بعدد دورات قليل وذلك حتى التأكد من أن سطح التربة قابل للغسل أو أنه متماسك.

4- في حال كون قاع البحر غير قابل للاختراق بواسطة التدوير البطيء مع تشغيل الدفاشات ، فإنه يتم الحفر حوالي (15 – 10) وبحمولة عظمى (1000 Pound) والعمق المحفور تحدده الشروط على قاع البحر ومدى بلوغ توضعات متماسكة من أجل ضمان تماسك فوهة البئر وعدم تعرضها للغسل أو التوسع.

<u>ثانياً: تركيب قاعدة التوجيه:</u>

في المياه العميقة التي يزيد عمقها عن (600 m) أو في بعض الظروف البحرية (مثل التيارات البحرية القوية) فإنه من الصعب جداً إعادة الدخول إلى البئر بدون شكل ما من أشكال التوجيه لذلك يتم تركيب قاعدة توجيه مؤقتة (Temporary Guide Base) على قاع البحر ويربط إليها أربعة أكبال توجيه ومثبتة من الطرف الآخر على المنصة البحرية.

وظيفة نظام التوجيه هي المساعدة في توجيه تشكيلة الحفر أو مواسير التغليف إلى البئر ومن الممكن الاستغناء عن هذه القاعدة في حال كانت أعماق الماء قليلة.

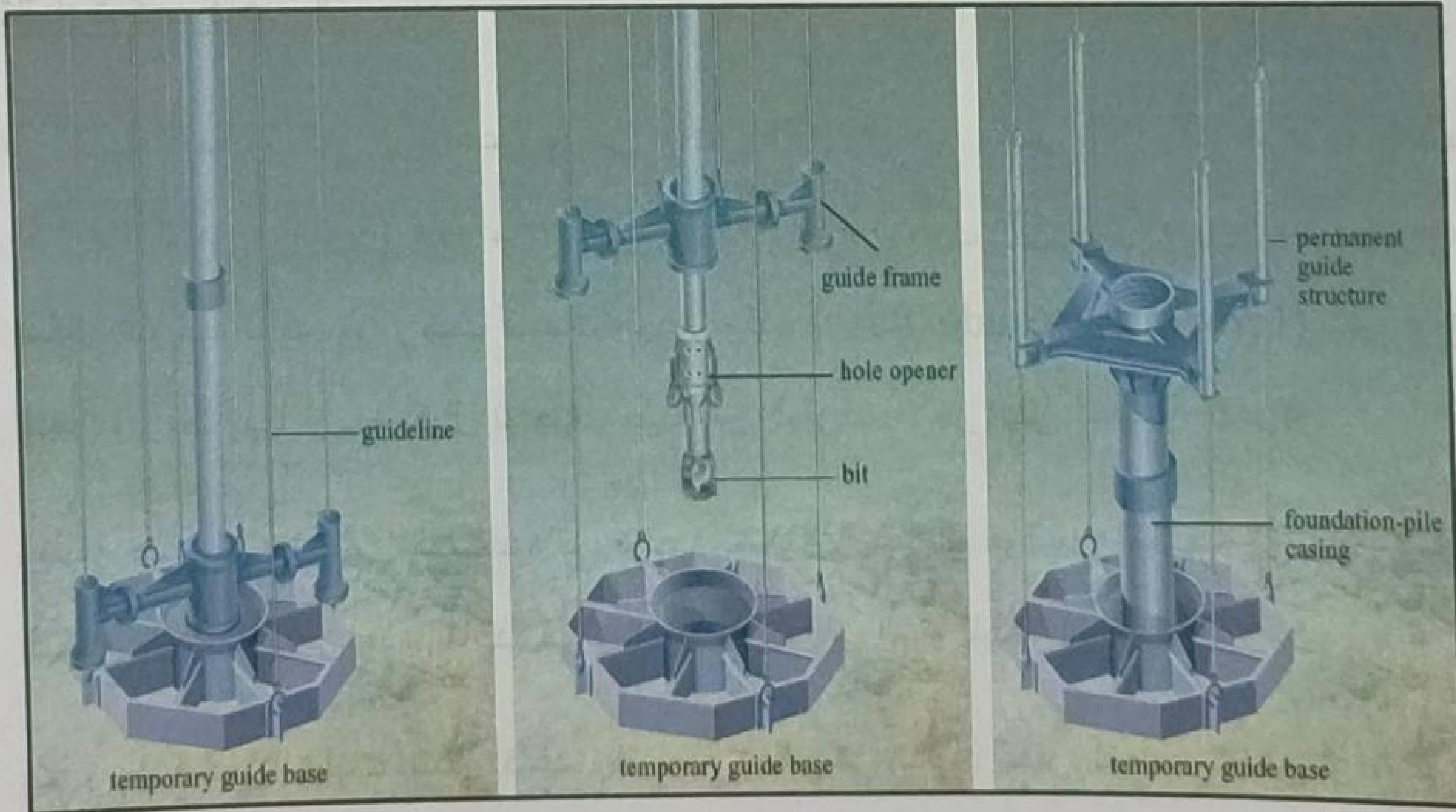
يتم ربط قميص تغليف أسفل قاعدة التوجيه وذلك في بداية الحفر لتجنب توسع أو تصدع التربة عند فوهة البئر ، وطول قميص التغليف أو قاعدة التوجيه تحدده شروط قاع البحر واختبار القاع.

يتم تموضع قاعدة التوجيه وأسفلها قميص التغليف بقطر كافي حوالي ("42) ، نضع فوق القاعدة كيس من البارايت وذلك لزيادة وزنها واستقرارها على القاع ، ويتم استخدام كاميرا تلفزيونية لمراقبة عمليات الإنزال والوضع النهائي لزاوية ميل قاعدة التوجيه التي يجب أن لا تزيد عن (1) درجة.

ثالثاً: بدء الحفر:

يتم توجيه تشكيلة بدء الحفر بواسطة إطار توجيه عام (Universal Guide Frame) الذي ينزلق على سلكي توجيه ومحافظاً على التشكيلة في المركز ، ويتم استعادة إطار التوجيه بواسطة ونش هوائي بمجرد وصول رأس الحفر إلى مركز البئر ، ويجب التأكد من أن فتحة البئر ومستقبلاً الماسورة الدليلة في وضعية عمودية وذلك للتقليل من حمولات الانحناء التي تسببها مراحل التغليف المتعاقبة ومعدات موانع الاندفاع التي يمكن أن تؤدي إلى أضرار كبيرة للمعدات الموجودة تحت سطح الماء ، لذلك يتم تركيب قاعدة التوجيه الدائمة فوق فوهة البئر (Permanent Guide Structure)

يبين الشكل (3-3) كل من قاعدة التوجيه المؤقتة وإطار التوجيه العام وقاعدة التوجيه الدائمة.



الشكل (3-5) يبين قاعدة التوجيه المؤقتة وإطار التوجيه العام

بعد التأكد من شاقولية فوهة البئر يتم حفر المرحلة الدليلة وبقية مراحل البئر (السطحية – الوسطية1 – الوسطية2 – الإنتاجية) كما تعرفنا عليها في تصميم الآبار البحرية.

3-3: إنزال مجموعة موانع الاندفاع (B.O.P stuck):

إنزال موانع الاندفاع يستوجب شروط مناسبة ولاسيما حالة البحر وقوة الرياح ، وحالة البحر هي العامل الحرج والمؤثر على إنزال موانع الاندفاع تحت سطح الماء ، بعدئذ تصبح قوة الرياح هي الأهم بالنسبة لتأثيرها على عمل الروافع التي تستخدم بإنزال وصلات الماسورة الصاعدة.

ويكون تتابع أعمال إنزال طقم موانع الاندفاع كما يلي:

1- تجهيز الحفارة لإنزال الماسورة الصاعدة حيث يتم وصل ماسورتين من الماسورة الصاعدة بطول (2x50) ، وتعليقها برافعة المواسير (Elevator) لتسهيل عملية الإنزال.

2- يتم تحريك طقم موانع الاندفاع وربطه مع عوارض الشبكة الهيكلية التي تحمل موانع الاندفاع ومن ثم تركيب الجزء السفلي من الماسورة الصاعدة وتركيب فلنجة الوصل.

3- يتم اختبار جميع موانع الاندفاع ومن ثم وصل الماسورتين المركبتين من الماسورة الصاعدة مع طقم موانع الاندفاع.

4- إنزال موانع الاندفاع مع الماسورة الصاعدة من خلال إطار التوجيه ويتم تثبيت الخطوط الهيدروليكية للتحكم بمجموعة موانع الاندفاع مع خط نقل إشارة التشغيل.

5- اختبار خطوط القتل والتصريف تحت الضغط.

6- تركيب الوصلة التليسكوبية وهي مقفلة وذلك بعد تركيب عدد كاف من وصلات الماسورة الصاعدة ، حيث يتم إنزال الوصلة التليسكوبية عبر الروتر.

7- يتم إنزال مانع الاندفاع ببطء فوق قاعدة التوجيه المؤقتة وعندها تحط موانع الاندفاع فوق رأس البئر.

8- التوصيل مع الفلنجة باستخدام لواقط هيدروليكية يتم التحكم بها عن بعد ، واختبار عملية التوصيل بالشد .

9- توصيل خراطيم القتل والتصريف مع مجموعة التحكم بموانع الأندفاع ، وفتح الوصلة التليسكوبية ويكون عندها طقم موانع الاندفاع جاهز للاختبار.

10 - عملية استرجاع موانع الاندفاع تتم بإجراء خطوات معاكسة.

ويبين الشكل (4-3) مجموعة موانع الاندفاع البحرية.

الشكل (4-3) يبين مجموعة موانع الاندفاع البحرية

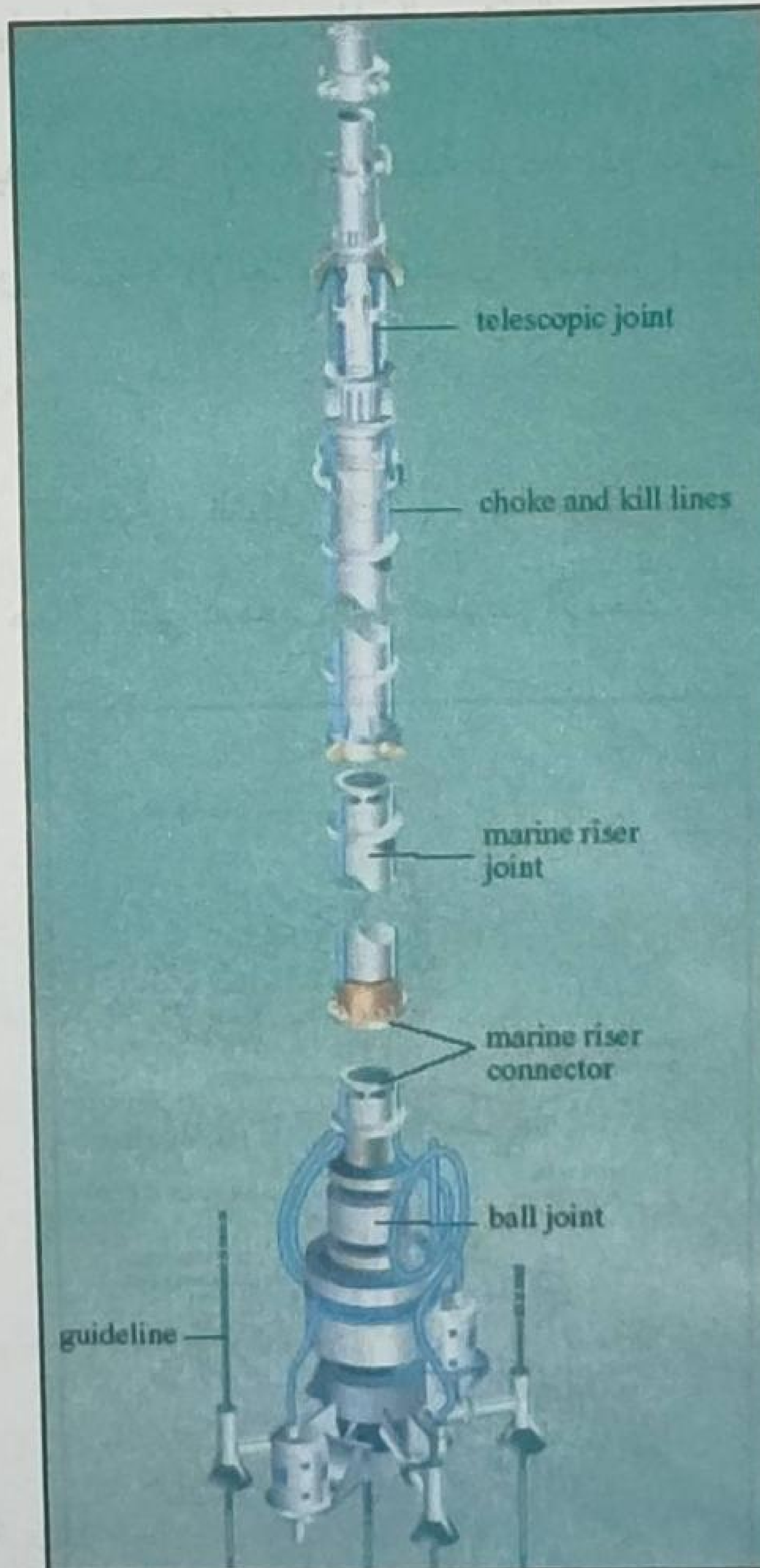
4-3: ماسورة العزل البحرية أو الماسورة الصاعدة (Riser) والمعدات الملحقة بها:

الهدف منها الوصل بين أعلى مجموعة موانع الاندفاع المثبتة على فوهة البئر في قاع البحر وبين المحول (Diverter) أسفل الطاحون ، وتوجد منها قياسات مختلفة حسب قياس مجموعة موانع الاندفاع.

وبما أنه توجد حركة دائمة في وحدات الحفر العائمة فإنه يستوجب ذلك إدخال معدات إضافية في تركيبة الماسورة الصاعدة تسمح لها بحرية الحركة وهي:

- وصلة تلسكوبية تسمح بمعادلة حركة وحدة الحفر الشاقولية الناتجة عن حركة المد والجذر.
- وصلة كروية سفلية وأخرى علوية لمعادلة القوى والحركة الأفقية.
- طقم تحويل علوي وظيفته التخلص من الغازات العالقة في الماسورة الصاعدة عند إغلاق مانع الاندفاع لمعالجة اندفاع الجيوب الغازية.

ويبين الشكل (3-5) أجزاء الماسورة العازلة البحرية.



الشكل (3-5) يبين أجزاء الماسورة العازلة البحرية

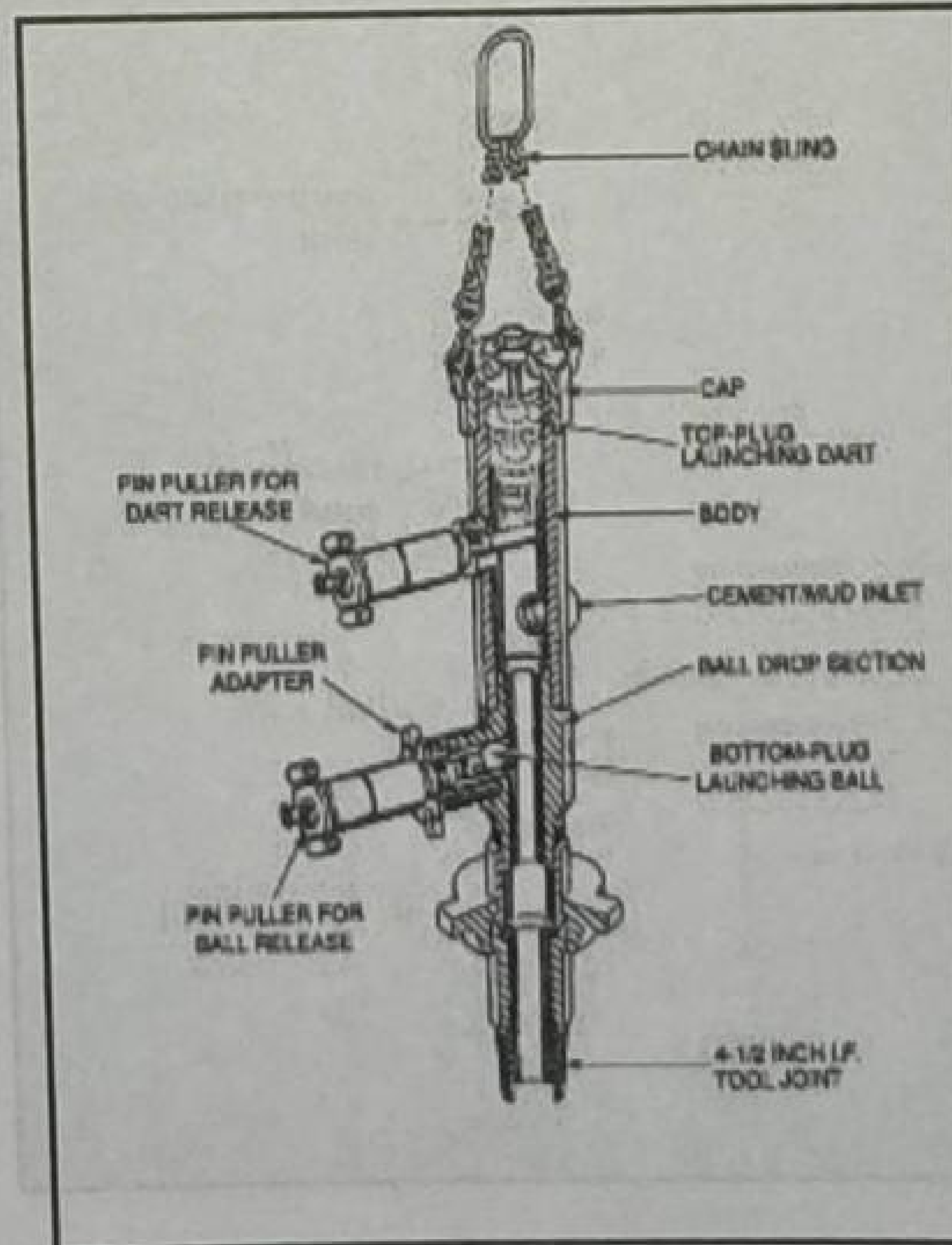
يجب أن توصل الماسورة الصاعدة وتشد إلى الحفارة وذلك لمنع الضغط الهيدروستاتيكي للماء ووزن الماسورة الصاعدة نفسها من تحطيمها أو التوائها ، كما هو الحال بالنسبة لمواسير الحفر التي تنزل في البئر مشدودة تحت تأثير ثقل الأعمدة حتى لا تلتوي.

5-3: عمليات الإسمنت في الآبار البحرية:

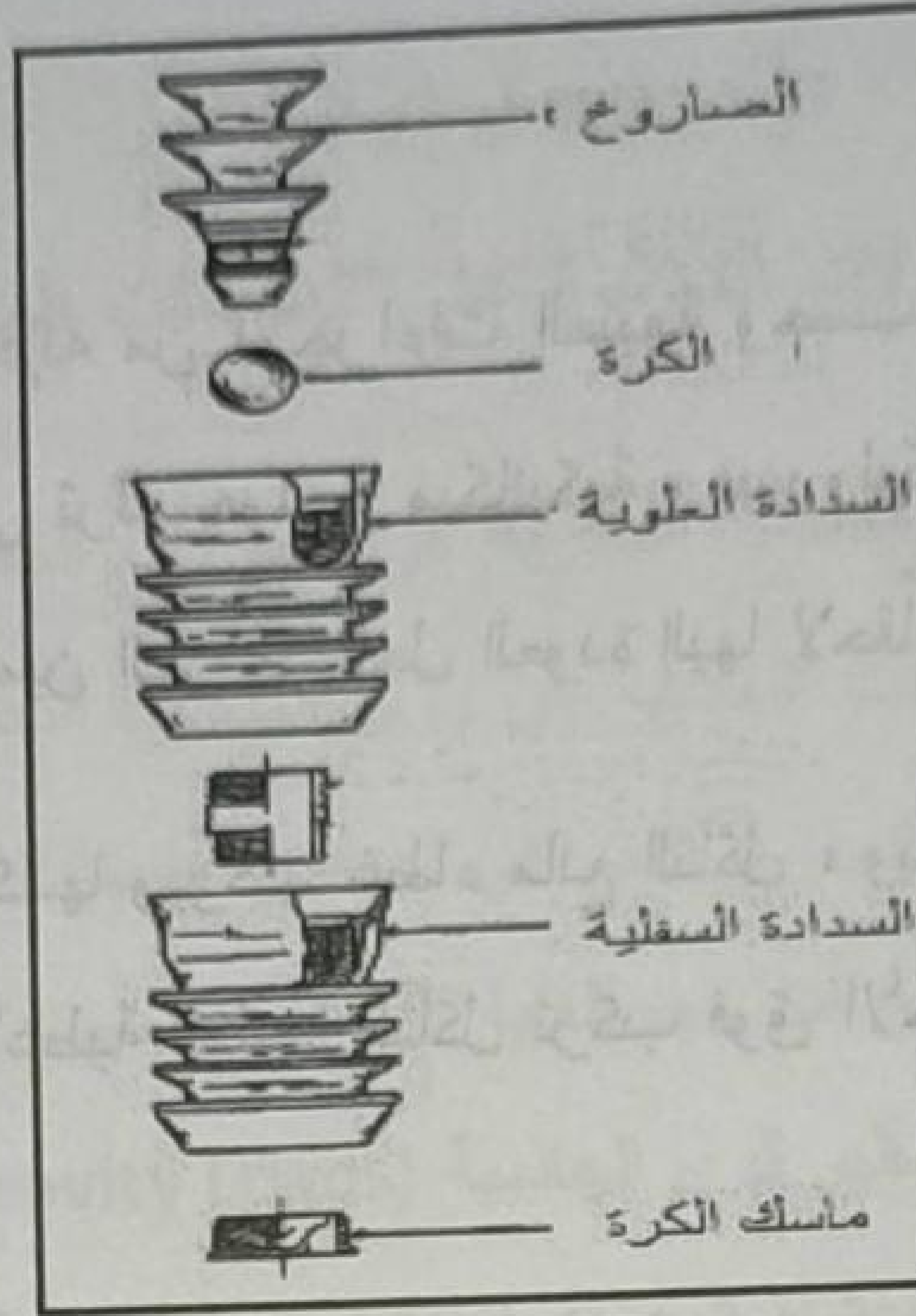
عند بدايات الحفر البحري من خلال المنصات العائمة تم استعمال التقنيات التقليدية للسمنتة ومعداتها ، ولكن استعمال رأس إسمنتي كامل على منصة حفارة متنقلة كان عملية مزعجة وهذا قاد إلى تطوير أنظمة سمنتة تعمل تحت الماء ، وتوجد حالياً أنواعاً مختلفة من هذه الأنظمة إلا أن مبدأ عملها واحد ، ويتكون نظام السمنتة البحرية من مكونين أساسيين هما:

أولاً: رأسية سمنتة خفيفة ، الشكل (3-6) ، سهلة الربط مع مواسير الحفر مهمتها المساعدة في إسقاط الكرة وتحرير السدادة الإسمنتية (الفاصل الإسمنتي) حيث أن الإسمنت لن يعيق حركة السدادة بل يقودها مع الكرة.

ثانياً: مجموعة فواصل إسمنتية ، الشكل (3-7) ، بما فيها السفلى والعليا والشكل الخارجي لهذه الفواصل الإسمنتية مماثل للتي تستعمل في عمليات الإسمنت التقليدية.



الشكل (3-6) يبين رأسية الإسمنت



الشكل (3-7) يبين الفواصل (السدادات) الإسمنتية

و تجري عملية السمنتة النموذجية بالشكل التالي:

بعد ضخ الكمية المحددة من سائل التنظيف قبل ضخ السائل الإسمنتي يتم إسقاط الكرة حيث تتوضع الكرة في السدادة السفلية ومع استمرار الضخ فإن السدادة السفلية سوف تتحرر عند فارق محدد للضغط ومع متابعة الضخ تتحرك السدادة السفلية أمام الإسمنت وتتوضع بشكل نهائي على صمام عدم الرجوع حيث تندفع الكرة إلى مقعدها (ماسك الكرة) سامحة للإسمنت بالخروج عبر السدادة (الفاصل) الإسمنتية السفلية.

بعد الانتهاء من ضخ الكمية اللازمة من الإسمنت فإنه يتم تحرير سدادة الإزاحة (الفاصل الإسمنتي العلوي) من رأسية الإسمنت و ذلك قبل ضخ سائل الإزاحة ، ويتم إزاحة السدادة العلوية حتى تصل إلى السدادة السفلية و يجري الإغلاق وارتفاع الضغط عند ضخ سائل الإزاحة حتى يتم إزاحة كامل كمية السائل الإسمنتي إلى الفراغ الحلقي.

إن السلبية الرئيسية في عملية السمنتة البحرية هي الفراغ الحلقي الكبير بين مواسير الحفر والماسورة الصاعدة الذي ينتج انخفاض السعة عند إجراء الدوران للتنظيف قبل عملية الإسمنت نفسها وهذا يمكن أن ينتج عنه تجمع للفتاتات داخل الماسورة الصاعدة و لتلافي هذه المشكلة من الممكن استعمال ضاغط هوائي بضغط عالي يوصل أسفل الماسورة الصاعدة وذلك لزيادة السرعة بالفراغ الحلقي ضمن الماسورة الصاعدة خلال عمليات الإسمنت.

6-3: تأمين البئر:

عندما تغادر الحفارة الموقع فإنه من الإجراءات المتبعة وحسب سياسة الشركة فإنه يتم ترك البئر بحالة آمنة ، وهذا يعني ترك حواجز ميكانيكية وهيدروليكية في البئر ، كما هو الحال في الحفر على اليابسة ليتم تأمين البئر من أجل العودة إليها لاحقاً.

يتم ترك شجرة الميلاد في مكانها ويركب غطاء مانع التآكل ، ويتم إجراء قياس لأبعاد الشجرة وموقعها قبل المغادرة ، والأغطية المانعة للتآكل تركب فوق الأجزاء البارزة من الشجرة مثل الفلنجة ("18 3/4) .

يتم قطع واسترجاع أسلاك التوجيه ويتم ذلك بالاستعانة بكاميرا تصوير ويتم قطع أكبال التوصيل من الأسفل قدر الإمكان وفسح المجال لإعادة تركيب أكبال التوصيل مرة أخرى عندما تتم العودة للبئر.

يتم إجراء عمليات التفتيش والمراقبة بواسطة كاميرات تصوير للتأكد من عدم وجود بقايا وحطام على قاع البحر.

أحياناً يلزم قطع مواسير التغليف على عمق معين تحت قاع البحر لاسترداده وذلك باستخدام أدوات قطع ميكانيكية أو شحن ناسفة ، وقبل قطع مواسير التغليف فإنه يلزم تثقيبها مع التحكم بالعملية بواسطة مانع اندفاع وذلك للتخلص من الضغوط المحبوسة التي قد تتجمع في الفراغ الحلقي المحكم أسفل الشجرة.

يجب عدم ترك أي اتصال بين الطبقات وقاع البحر وذلك بعد التوقف عن العمل في البئر ويتم العمل لاستبعاد أية بقايا أو نواتج حفر من حول فوهة البئر.

الفصل الرابع

الحمولات المؤثرة على المنصات البحرية

إن الحمولات المؤثرة على المنصات البحرية هي حمولات الجاذبية والحمولات الناتجة عن التأثيرات البيئية ، تنشأ حمولات الجاذبية عن وزن المنشآت البحرية سواء الدائمة أو المؤقتة بينما تلعب الحمولات البيئية الدور الرئيسي في تصميم المنصات البحرية ، ويعتبر التنبؤ بهذه الحمولات وتحديدها بشكل دقيق أمر مهم للغاية قبل البدء بتصميم المنصات البحرية.

4-1: الحمولات الناتجة عن تأثير قوى الجاذبية (Gravity Loads):

الحمولة الناتجة عن وزن المنشأة البحرية (Structural Dead Loads): تضمن هذه الحمولة كل الأجزاء الفولاذية التي تدخل في تركيب المنصة مثل الشبكة المعدنية الهيكلية وأرضية المنصة وخط الشعلة والجسور المعدنية ، كما تتضمن كل العناصر الثانوية مثل القوارب والدرابزون وشاسيه أرضية المنصة وبعض الملحقات الصغيرة بأرضية المنصة.

الحمولة الناتجة عن وزن المعدات (Facility Dead Loads): تشمل وزن المعدات التي لا تعد من الأجزاء التركيبية للمنصة وتشمل: المعدات الميكانيكية مثل الروافع والونشات والمعدات الكهربائية والمولدات ومستلزمات الطاقة الكهربائية وجميع التوصيلات الأنبوبية ما بين المعدات.

حمولة السائل (Fluid Loads): عبارة عن وزن السائل الموجود ضمن المنصة البحرية خلال العمل ، وتشمل السائل الموجود في المعدات والخزانات والتوصيلات الأنبوبية.

حمولة المرافق والمنافع العامة (Live Loads): عبارة عن حمولات متنقلة وهي مؤقتة وتشمل حمولة المواد المخزنة سواء بشكل مؤقت أو لفترات زمنية طويلة ، وحمولة المواد المنقولة بواسطة القوارب ، والأماكن السكنية للعمال والمطبخ الخاص والطرق المخصصة للسير على سطح المنصة بالإضافة لحمولة الطائرة المروحية على المهبط الخاص بها وغيرها من الملحقات الموجودة على سطح المنصة.

حمولة وحدة الحفر (Drilling Loads): تشمل الحمولات الناتجة عن وحدة الحفر ومعدات الحفر المركبة على سطح المنصة البحرية بهدف إجراء عمليات الحفر ، وهي معدات كبيرة وثقيلة مركبة مع بعضها على سطح المنصة ، ويتراوح وزن وحدات الحفر الثقيلة ما بين

كما أنه وخلال عمليات الحفر سوف تتولد حمولات إضافية ناتجة عن (500 – 1000 ton) ، وزن تشكيلة الحفر وعمليات الشد خلال معالجة بعض المشاكل.

2-4: الحمولات البيئية (Environmental Loads):

هذه الحمولات تلعب الدور الرئيسي في تصميم منصات الحفر البحري وهذه الحمولات هي:

- حمولة الرياح (Wind Loads).
- حمولة الأمواج (Wave Loads).
- حمولة التيارات المائية (Current Loads).
- حمولة الطفو (Buoyancy Loads).
- حمولة الجليد (Ice Loads).
- الحمولة الناتجة عن الرواسب الطينية (Mud Loads).

1-2-4: حمولة الرياح (Wind Loads):

إن سرعة الرياح عند ارتفاع (10 m) فوق مستوى ارتفاع تيار المياه (في حال حصول المد) (Lowest Astronomical Tide – LAT) هي (V_o) ، وتحسب سرعة الرياح المؤثرة على نقطة محددة من منصة الحفر (النقطة المدروسة) بالعلاقة التالية:

$$V = Vo \, . (\frac{y}{10})^{\frac{1}{8}}$$

حيث أن:

y: ارتفاع النقطة المدروسة فوق المستوى (LAT).

V: سرعة الرياح المؤثرة في النقطة المدروسة.

يمكن حساب ضغط الرياح المؤثر في النقطة المدروسة بالعلاقة التالية:

$$P_w = \frac{\rho . V^2}{2}$$

حيث أن:

ρ: كثافة الهواء ($1.2\ kg/m^3$).

وبعد تعويض قيمة كثافة الهواء (ρ) يصبح ضغط الرياح كما يلي:

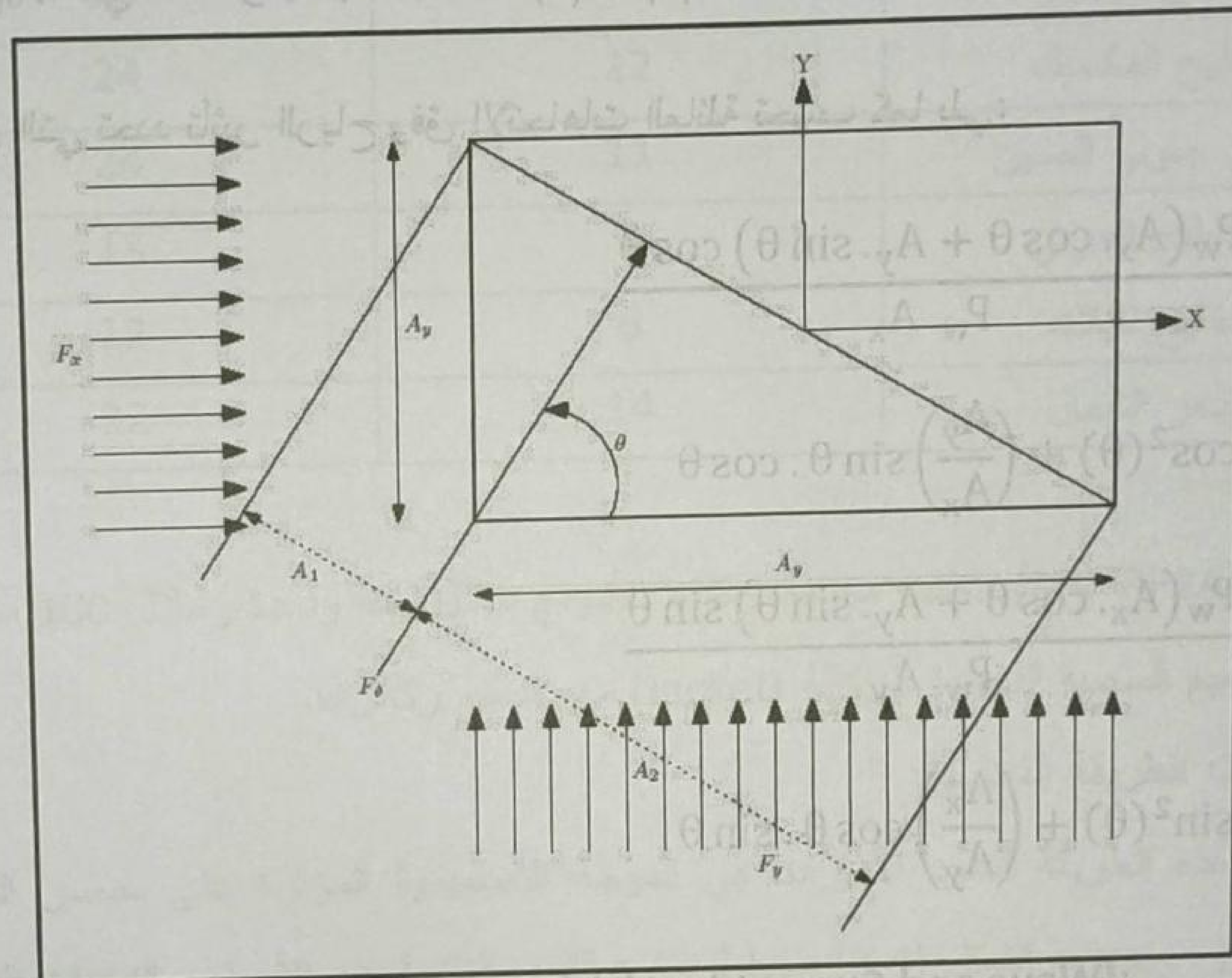
$$P_w = 0.6 \times V^2 \qquad (N/m^2)$$

يمكن حساب قوى الرياح الإجمالية المؤثرة على عنصر المنصة المدروس ، الشكل (1-4) كما يلي:

$$F_x = P_w . A_x . C_s$$

$$F_y = P_w . A_y . C_s$$

C_s: معامل هيئة أو شكل المنصة المواجه للرياح ، ويأخذ قيم تتراوح بين (2.1 – 0.7) وبالنسبة للمنصة ذات الشبكة المعدنية الهيكلية (Jacket) فإن $C_s = 1$.



الشكل (1-4) يبين مخطط تأثير الرياح على عنصر المنصة البحرية المدروس

يمكن حساب حمولة الرياح في الاتجاه المائل بالعلاقة التالية:

$$F_\theta = F_x . \cos\theta + F_y . \sin\theta$$

في التصاميم العملية للمنصات البحرية تحسب غالباً (F_x) و (F_y) فقط ، بينما تأثير حمولة الرياح في الاتجاهات غير المتعامدة فإنه يحسب باستخدام عوامل متعلقة بكل من (F_x) و (F_y) وهذه العوامل تحسب كما يلي:

$$A_1 = A_x . \cos\theta$$

$$A_2 = A_y . \sin\theta$$

$$F_\theta = P_w(A_1 + A_2)$$

$$F_\theta = P_w\left(A_x.\cos\theta + A_y.\sin\theta\right)$$

$$F_{\theta x} = P_w\left(A_x.\cos\theta + A_y.\sin\theta\right).\cos\theta$$

$$F_{\theta y} = P_w\left(A_x.\cos\theta + A_y.\sin\theta\right).\sin\theta$$

حيث أن:

$F_{\theta x}$ و $F_{\theta y}$: هي عناصر F_θ بالاتجاهات (X) و (Y).

العوامل التي تحدد تأثير الرياح وفق الاتجاهات المائلة تحسب كما يلي:

$$\frac{F_{\theta x}}{F_x} = \frac{P_w\left(A_x.\cos\theta + A_y.\sin\theta\right)\cos\theta}{P_w.A_x}$$

$$\frac{F_{\theta x}}{F_x} = \cos^2(\theta) + \left(\frac{A_y}{A_x}\right)\sin\theta\,.\cos\theta$$

$$\frac{F_{\theta y}}{F_y} = \frac{P_w\left(A_x.\cos\theta + A_y.\sin\theta\right)\sin\theta}{P_w.A_y}$$

$$\frac{F_{\theta y}}{F_y} = \sin^2(\theta) + \left(\frac{A_x}{A_y}\right)\cos\theta\,.\sin\theta$$

2-2-4: حمولة الأمواج والتيارات البحرية (Wave and Current Loads):

توجد طريقتين لحساب تأثير الأمواج على المنصات البحرية:

1- الطريقة التصميمية: تعتمد على الأمواج التي تحدث بشكل منفصل والتي تكون بحالتها العظمى ، وتستخدم هذه الطريقة لحساب مدى مقاومة المنصة البحرية لمثل هذه الأمواج.

2- الطريقة التحليلية: التي تعتمد في التصميم على سلسلة من الأمواج التي تضرب المنصة خلال وجودها في موقع العمل ، وتستخدم هذه الطريقة لحساب الإجهادات على عناصر المنصة.

4-2-2-1: الطريقة التصميمية:

يتم استخدام ارتفاع الموجة الأعظمي من أجل تصميم المنصات البحرية ، وتعطى العلاقة بين ارتفاع الموجة العادي (H_s) وارتفاع الموجة الأعظمي (H_{max}) كما يلي:

$$H_{max} = 1.86H_s$$

هذه العلاقة محسوبة على أساس 1000 موجة مسجلة ، ويبين الجدول التالي الارتفاع التصميمي الأعظمي للأمواج من أجل مناطق مختلفة من العالم:

المنطقة	خلال سنة واحدة	خلال 100 سنة
خليج البنغال	8	18
خليج المكسيك	12	24
بحر جنوب الصين	11	24
الخليج العربي	8	18
خليج تايلاند	6	12
بحر الشمال	14	22

المعيار (API RP2A) يتطلب معرفة ارتفاع الأمواج خلال سنة واحدة وخلال 100 سنة من أجل تصميم المنصة البحرية الهيكلية (Jacket) مع تصميم ركائزها.

4-2-2-2: الطريقة التحليلية:

يتم في هذه الطريقة تحديد التغيرات في الموجة التصميمية المؤثرة على عنصر المنصة المدروس ، ويوضح الشكل (4-2) مخطط توزع القوى الناتجة عن الأمواج والتيارات البحرية المتولدة إما عن الرياح (Wind Current) أو المد والجزر (Tidal Current).

إن التيارات البحرية تنتج قوى سحب أو جر للمنصة البحرية ، وتكون التيارات الناشئة عن الرياح صغيرة وتتغير بشكل خطي مع العمق ، بينما التيارات البحرية الناتجة عن المد والجزر لا تتغير بشكل خطي مع العمق ، ويمكن أن تصل سرعتها في بعض الحالات إلى (5 m/sec) وأحياناً أكثر.

يمكن حساب سرعة التيار البحري بالعلاقة:

$$V_T = V_{OT}\left(\frac{Y}{h}\right)^{\frac{1}{7}}$$

حيث أن:

V_T: سرعة تيار الماء الناتج عن ظاهرة المد والجزر عند أية ارتفاع عن قاع البحر.

V_{OT}: سرعة تيار الماء عند سطح ماء البحر.

Y: المسافة المقاسة اعتباراً من قاع البحر.

h: عمق (سماكة) ماء البحر.

$$V_W = V_{OW}(\frac{Y}{h})$$

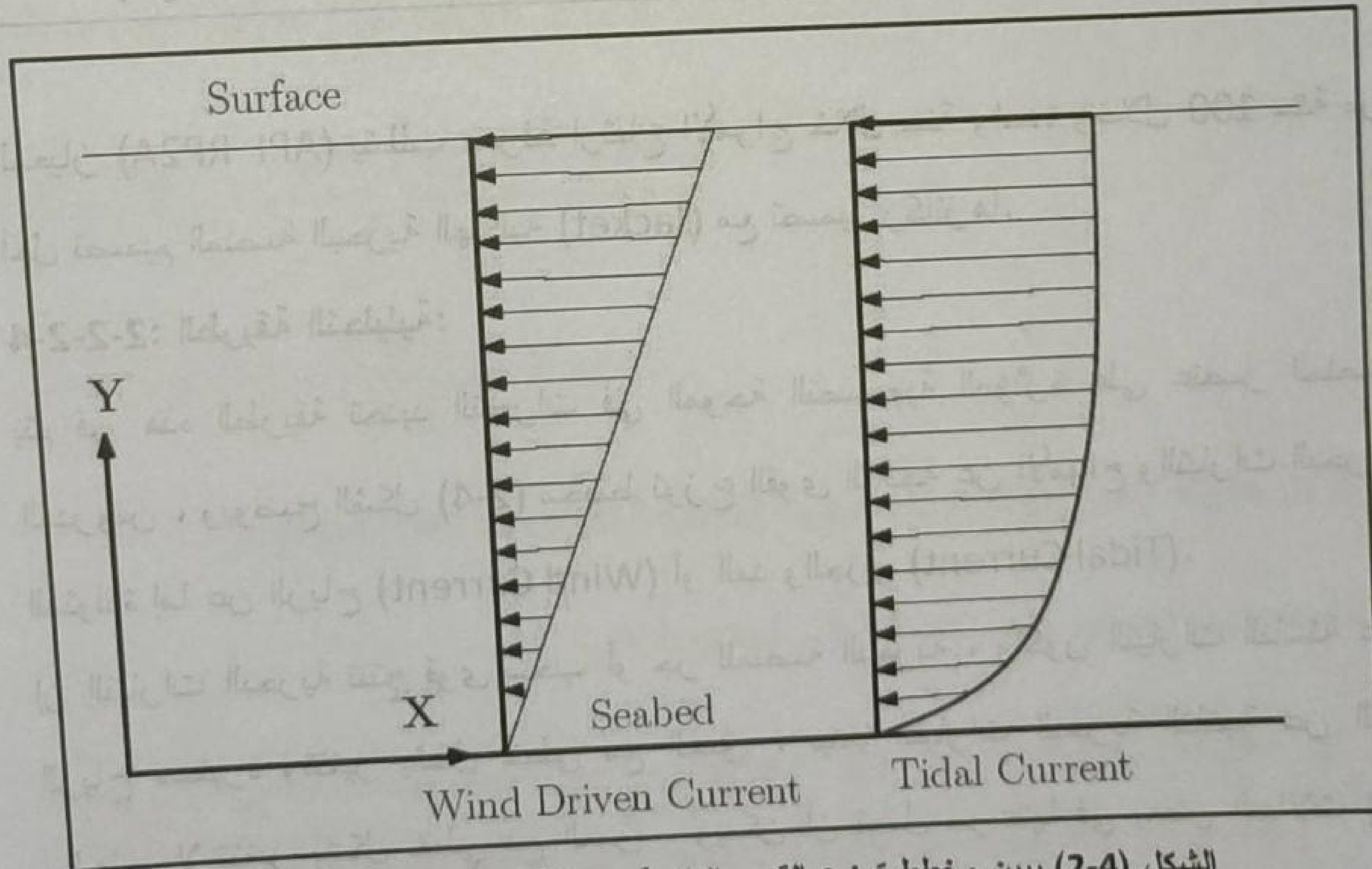
حيث أن:

V_W: سرعة تيار الماء الناتج عن الرياح عند أية ارتفاع عن قاع البحر.

V_{OW}: سرعة تيار الماء الناتج عن الرياح عند سطح ماء البحر.

Y: المسافة المقاسة اعتباراً من قاع البحر.

h: عمق (سماكة) ماء البحر.



الشكل (4-2) يبين مخطط توزع القوى الناتجة عن الأمواج والتيارات البحرية

3-2-2-4: حساب تأثير الأمواج والتيارات البحرية وفق علاقة موريسون:

يمكن حساب القوى الناتجة عن تأثير الأمواج والتيارات البحرية وفق علاقة موريسون (Morison) التالية:

$$F_T = \frac{1}{2} C_D . \rho_w . D . V^2 + \frac{1}{4} \pi . C_m . \rho_w . D^2 . a$$

حيث أن:

ρ_w: كثافة ماء البحر.

C_D: معامل سحب أو جر المنصة بتأثير الأمواج والتيارات البحرية (0.6 – 1.2).

C_m: معامل المقاومة الناتجة عن كتلة المنصة (2 - 1.3).

V: سرعة تيار مياه البحر أو الأمواج.

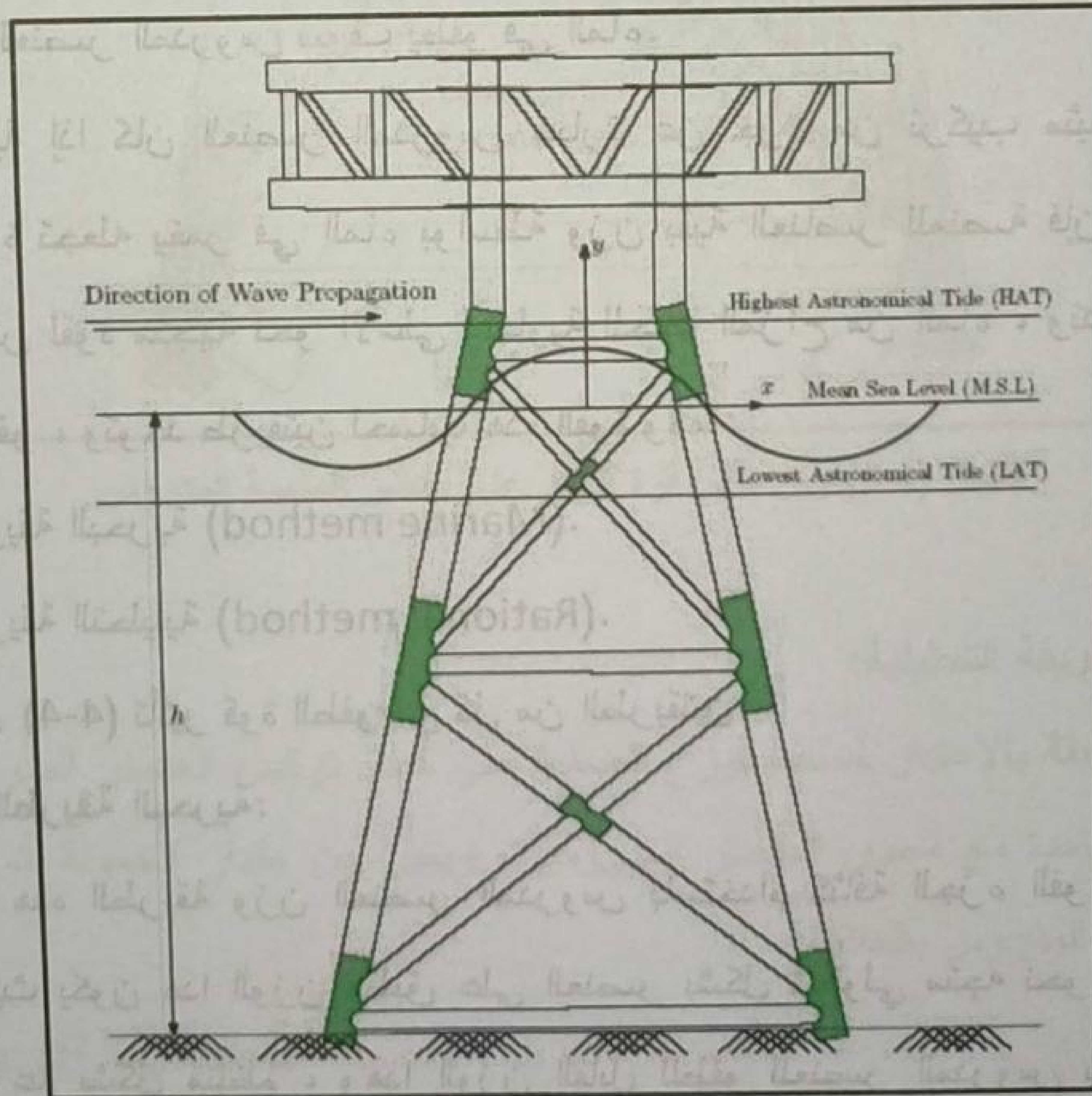
a: تسارع حركة التيار البحري.

D: قطر العنصر المدروس من المنصة الذي تؤثر عليه هذه القوة.

الجزء الأول من العلاقة يدعى قوى السحب (F_D) والجزء الثاني يسمى قوى المقاومة المجابهة للتيار (F_I) أي أن:

$$F_T = F_D + F_I$$

يبين الشكل (4-3) تأثير الأمواج على المنصة البحرية (Jacket) حيث نلاحظ على الشكل حدود تأثير الأمواج.



الشكل (4-3) يبين تأثير الأمواج على المنصة الهيكلية (Jacket)

يمكن حساب سرعة حركة مياه البحر الكلية بالعلاقة:

$$V = V_W + V_C$$

حيث أن:

V_W: سرعة حركة الأمواج.

V_C: سرعة حركة تيار المياه البحرية.

3-2-4: حمولة الطفو (Buoyancy Loads):

يتم تصميم المنصات البحرية بحيث تكون قابلة للطفو وتكون نقاط اللحام ما بين أجزاء وعناصر المنصة محكمة جيداً لتجنب دخول الماء إليها ، قابلية الطفو هذه يجب أن تكون كافية بحيث تؤمن طفو كامل التركيب ، على سبيل المثال المنصة ذات الشبكة الهيكلية الثابتة (Jacket) تتطلب على الأقل معامل احتياطي طفو (% 15 – 10) ، ويعرف معامل احتياطي الطفو بأنه مقدار قوة الطفو التي تفوق وزن التركيب المدروس.

للحصول على الطفو المطلوب للعنصر المدروس فإن التركيب الأنبوبي لعناصر المنصة يجب أن يتم اختياره بشكل دقيق بحيث يكون لدينا النسبة (قوة الطفو/الوزن) أكبر من الواحد وبالتالي فإن العنصر المدروس سوف يطفو في الماء.

من جهة ثانية إذا كان العنصر المدروس عبارة عن جزء من تركيب مثبت من نهايتيه ومعرض لقوة تجعله يغمر في الماء بواسطة وزن بقية العناصر للمنصة فإن ذلك العنصر سوف يتعرض لقوة متجهة نحو الأعلى مساوية للحجم المزاح من الماء ، وتدعى هذه القوة باسم قوة الطفو ، وتوجد طريقتين لحساب هذه القوة وهما:

- الطريقة البحرية (Marine method).
- الطريقة التحليلية (Rational method).

ويبين الشكل (4-4) تأثير قوة الطفو في كل من الطريقتين.

1-3-2-4: الطريقة البحرية:

يحسب في هذه الطريقة وزن العنصر المدروس باستخدام كثافة الجزء الفولاذي المغمور بالماء ، حيث يكون هذا الوزن مطبق على العنصر بشكل شاقولي متجه نحو الأسفل ويولد حمولة موزعة بشكل منتظم ، وهذا الوزن القابل للطفو للعنصر المدروس بالنسبة لواحدة الطول بحسب العلاقة:

$$W_B = \frac{1}{4}\pi(D^2 - D_i^2)(\rho_s - \rho_w)$$

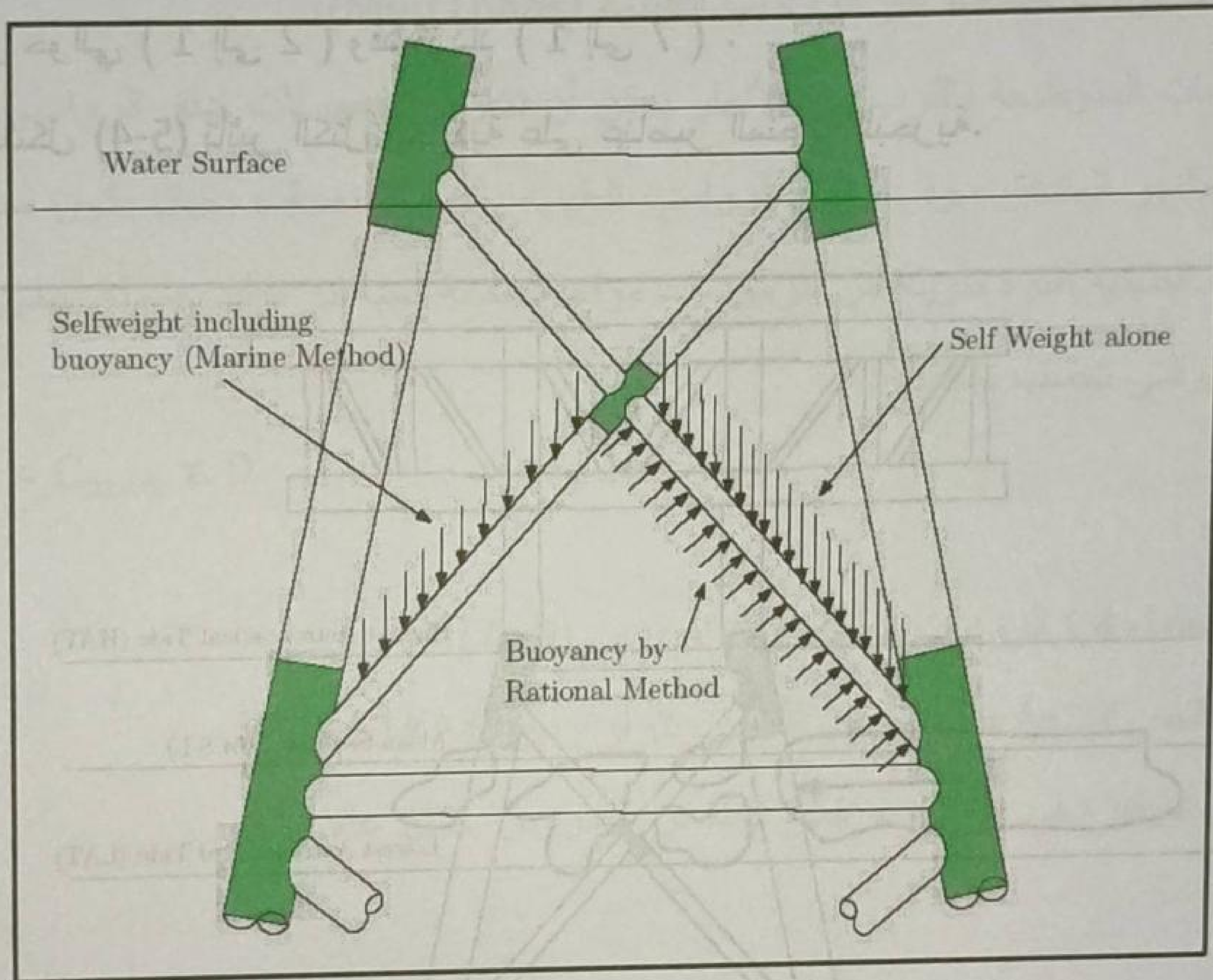
حيث أن:

D: القطر الخارجي للعنصر المدروس.

D_i: القطر الداخلي للعنصر المدروس.

ρ_s: كثافة الفولاذ.

ρ_w: كثافة مياه البحر.



الشكل (4-4) يبين تأثير قوة الطفو على عنصر المنصة المدروس

2-3-2-4: الطريقة التحليلية:

تأخذ هذه الطريقة بالاعتبار حساب توزع الضغط على كامل تركيب العنصر المدروس وتكون الحمولات متعامدة مع محور العنصر المدروس ، ويعبر عن مقدار الحمولة الموزعة على طول العنصر المدروس بالعلاقة:

$$B_B = \frac{1}{4}\pi . D^2 . \rho_w . \cos\alpha$$

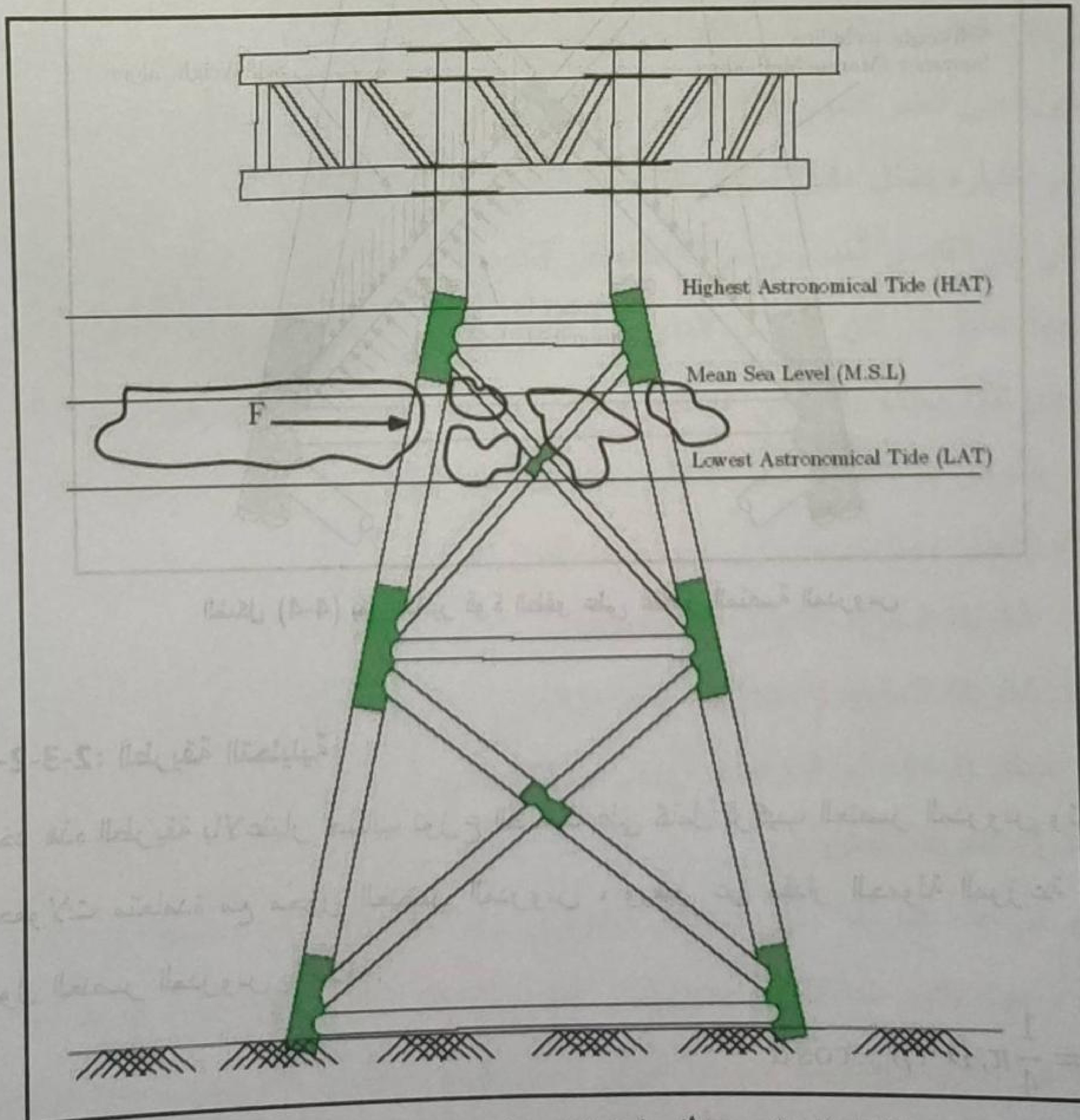
α: الزاوية بين العنصر المدروس ومسقطه في المستوى الأفقي.

4-2-4: حمولات الثلج والجليد (Ice Loads):

يشكل الثلج خطراً على ثبات واستقرار المنصات البحرية التي تقع في البحار القطبية مثل منطقة آلاسكا.

لوضع حل لتأثير وخطر الثلج من الضروري معرفة سرعة الثلج وحجمه ، ويمكن أن نعتبر أن الانجراف الثلجي يتحرك بسرعة تساوي من (% 7 – 1) من سرعة الرياح ، ويمكن مصادفة كتل ثلجية في آلاسكا تصل إلى قطر (1 km) وسماكة (1 m) وتتحرك بسرعة مقدارها (3) عقدة بحرية ، وعلى العموم إن نسبة ارتفاع الكتل الثلجية فوق الماء إلى الجزء المغمور حوالي (1 إلى 2) وقد تزداد (1 إلى 7) .

ويبين الشكل (4-5) تأثير الكتل الجليدية على عناصر المنصة البحرية.



الشكل (4-5) يبين تأثير قوة الجليد على عنصر المنصة المدروس

يمكن حساب قوة تأثير الجليد على عنصر المنصة المدروس بالعلاقة:

$$F_{ice} = C_i . f_i . A$$

حيث أن:

C_i: معامل قوة الجليد وتتراوح قيمته بين (0.3 – 0.7).

f_i: ضغط التمزيق للجليد يتراوح بين (1.5 – 3.5 MPa) .

A: مساحة المنطقة التي تعرضت لتأثير الثلج والجليد (قطر العنصر المدروس X سماكة طبقة الجليد).

4-2-5: الحمولات الناتجة عن الرواسب الطينية (Mud Loads):

إن المنصات المتوضعة بالقرب من الأنهار يمكن أن تتعرض لحمولات تدفق الرواسب الطينية حيث أن النهر المتدفق سوف يحمل الرواسب الطينية باتجاه المنصة ، أحياناً يكون تجمع هذه الرواسب الطينية لفترة طويلة من الزمن عند موقع المنصة سبباً في توليد حمولة تسمى حمولة الطين ، والتي تحسب بالعلاقة:

$$F_{mud} = C_{mud} . \tau . D$$

حيث أن:

C_{mud}: معامل قوة الرواسب الطينية ويتراوح بين (9 - 7).

τ: قوة القص الناتجة عن انجراف الطين وتتراوح بين (5 – 10 KPa).

D: قطر الركيزة في الأسفل أو قطر العنصر المدروس بشكل عام.

مسائل

مسألة (1):

احسب تأثير قوى الرياح على منصة الحفر البحري نموذج الشبكة المعدنية (Jacket) علماً أنه لدينا المعطيات التالية: سرعة الرياح على ارتفاع (10 m) فوق المستوى (LAT) تبلغ (96 km/h) ، ارتفاع نقطة تأثير الرياح على المنصة عن المستوى (LAT) يبلغ (25 m) قطر قائم المنصة (3 m).

مسألة (2):

إذا علمت أن سرعة تيار المياه الناتج عن المد والجزر عند السطح (3.8 m/sec) وسرعة تيار المياه الناتج عن الرياح عند السطح (1.2 m/sec) ، عمق مياه البحر (100 m) فاحسب سرعة تيار المياه البحرية الناتج عن كل من المد والجزر وعن الرياح عند المسافات التالية اعتباراً من قاع البحر: (10 – 20 – 30 – 40 – 50 – 60 – 70 – 80 – 90 m) ، ثم ارسم مخطط توزع القوى المتولدة من التيارات البحرية الناشئة عن المد والجزر وعن الرياح على امتداد عمق المياه المدروس.

مسألة (3):

احسب قوى موريسون المؤثرة على منصة الحفر الاسطوانية (Spar) علماً أن: كثافة المياه البحرية ($1.03\ gr/cm^3$) سرعة تيار المياه البحرية (3 m/sec) ، تسارع حركة تيار المياه ($0.03\ m/sec^2$) ، قطر الجزء الاسطواني من المنصة (22 m).

المعاملات: $C_D = 0.8$, $C_m = 1.6$

مسألة (4):

ليكن لدينا منصة بحرية نموذج (Jacket) مركبة في منطقة آلاسكا ، والمطلوب حساب كل من حمولة الطفو وحمولة الجليد المؤثرة على قائم المنصة ذي القطر (3 m) وسماكة الجدار (50 mm) ، إذا علمت أن: طول القائم المغمور في الماء (100 m) ، سماكة طبقة الجليد (1.2 m) ، ضغط تمزيق الجليد (2 MPa) ، معامل قوة تأثير الجليد (0.5).

الفصل الخامس

أهم الاكتشافات البحرية في العالم وفي سورية

1-5: مقدمة:

بدأ الإنتاج من الحقول البحرية في أوائل الأربعينيات من القرن الماضي وازداد الإنتاج من نحو مليون برميل يومياً في الستينيات إلى أكثر من (25) مليون برميل يومياً في وقتنا الحالي وهذا يمثل ثلث إنتاج العالم من النفط الخام وتحتل منطقة الخليج العربي والشرق الأوسط المرتبة الأولى في قائمة المناطق المنتجة للنفط الخام من الحقول البحرية بإنتاج زاد عن (5) مليون برميل من النفط وتنتج السعودية أكثر من نصفها ثم بحر الشمال وغرب أفريقيا وخليج المكسيك وآسيا واستراليا والبرازيل والصين وروسيا ، ومن إجمالي النفط الخام المنتج من الحقول البحرية فإن حقول المياه الضحلة تنتج أكثر من (20) مليون برميل يومياً بينما تنتج حقول المياه العميقة والعميقة جداً نحو(3.5) مليون برميل يومياً أما الإنتاج من الغاز الطبيعي في الآبار البحرية فقد فاق (1.5) مليون برميل يومياً وبشكل رئيسي من المياه الضحلة قبالة السواحل.

وليس من قبيل المصادفة أن أكبر مناطق العالم إنتاجاً للنفط من الحقول البحرية لديها أيضاً أنظمة بترولية برية غنية ، فمنطقة الخليج العربي والشرق الأوسط هي من أكبر المناطق المنتجة للنفط في العالم ويتركز فيها أكبر احتياطي نفطي في العالم وغرب أفريقيا التي تنتج أساساً النفط والغاز تمتلك أيضاً احتياطات كبيرة في المناطق البرية وكذلك خليج المكسيك الذي يعد منطقة حقول بحرية من الطراز الأول والذي يحيط به كل من الولايات المتحدة الأمريكية والمكسيك اللتين تمتلكان أنظمة بترولية برية كبيرة أيضاً أما بحر الشمال والبرازيل فهما من فئةٍ خاصةٍ لأن معظم احتياطي النفط والغاز فيهما موجود في البيئات البحرية أما مناطق الصين وروسيا فهي تشترك في الخصائص التالية: المناطق البرية تحتوي على كميات كبيرة من الاحتياطات وإنتاج النفط من حقولها البحرية إما منخفض أو ينمو بمعدل بطيء.

و فيما يلي سوف نقوم باستعراض أهم الاكتشافات النفطية البحرية في العالم:

2-5: الاكتشافات البحرية في شرق المتوسط:

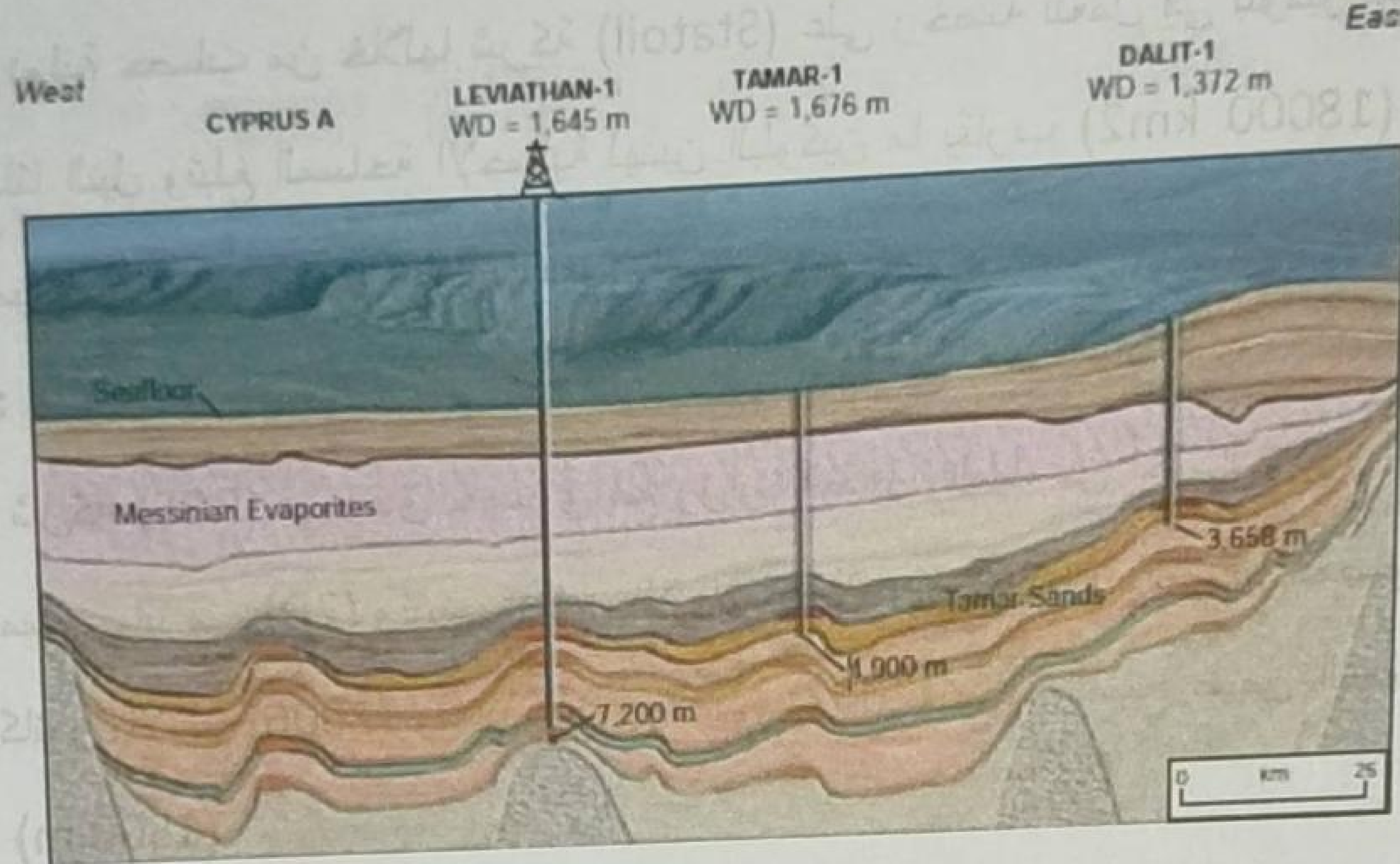
إن منطقة شرق المتوسط مؤلفة من قطاعات بحرية في سوريا وتركيا ولبنان وفلسطين المحتلة ومصر وقبرص وتعتبر الأراضي البحرية في سوريا كلها عذراء ولكن الآن تجري مسوحات سايزمية استعداداً لمناقصات الترخيص والحفر الاستكشافي ولقد تم اكتشاف النفط والغاز في بعض المواقع البحرية في المياه الإقليمية في الحوض الشرقي للبحر المتوسط حيث اكتشف الغاز الطبيعي في المياه الإقليمية شمال الإسكندرية وفي منطقة دلتا النيل وقد شكل الغاز الطبيعي المنتج حوالي (% 40) من مجمل الغاز الطبيعي في مصر وتطورت عمليات البحث والتنقيب عن النفط والغاز الطبيعي في بداية القرن الحالي في مصر وفلسطين ولبنان وقبرص وحديثاً سوريا.

وقد تمكن الكيان الصهيوني من اكتشاف حقلين مهمين خلال السنوات الماضية في المياه الإقليمية هما حقل تامار (Tamar) للغاز الذي يقع قبالة سواحل حيفا في البحر والذي اكتشف في عام (2009) من خلال البئر تامار-1 الذي حفر في المياه ذات العمق (1676 m) بعمق نهائي وصل إلى (4900 m) من أجل اختبار بنية الميوسين الأدنى ، ويقدر احتياطي هذا الحقل بحوالي (8.4) تريليون قدم مكعب من الغاز الطبيعي ويعتقد بأنها تكفي الكيان الصهيوني لمدة (25) سنة المقبلة وهذا الحقل يمكنه الإنتاج بمعدل يصل إلى (30 مليون قدم مكعب/اليوم) و تقدر القيمة الكلية لاحتياطات الغاز الطبيعي المكتشف بحوالي (300) مليار دولار.

وتم اكتشاف حقل مارين الذي يقع على بعد حوالي (30 km) من شاطئ مدينة غزة والذي يحتوي على حوالي واحد تريليون قدم مكعب من الغاز الطبيعي إضافة إلى وجود تراكيب جيولوجية في المياه الإقليمية الفلسطينية واللبنانية والتي تم التأكد من احتوائها على النفط والغاز ويعتبر من نوع الحقول المشتركة بين الدولتين.

وفي عام (2010) أعلن الكيان الصهيوني عن اكتشاف حقل ليفياثان (Leviathan) قبالة الساحل اللبناني الفلسطيني الذي يحتوي على حوالي (3) مليار برميل من النفط الخام وعلى حوالي (16) تريليون قدم مكعب من الغاز الطبيعي ، من خلال البئر ليفياثان-1 الذي و صل

عمقه النهائي إلى(7200 m) مع عمق للمياه وصل إلى (1645 m) من خلال طبقة خازنة رملية بسماكة وصلت إلى (67 m) ، ثم حقل داليت (Dalit) باحتياطي وصل إلى نصف تريليون قدم مكعب من الغاز.



الشكل (5-1) يبين الآبار المحفورة

يوضح الشكل (5-1) المقطع الجيولوجي المأخوذ من الموقع الالكتروني لشركة (Delek) للطاقة والذي يظهر عليه مواقع الآبار (Levathan-1) و(Tamar-1) و (Dalit-1) والبئر (Cyprus-A) الذي لم يحفر بعد في المياه الإقليمية القبرصية بالإضافة إلى العمق النهائي لهذه الآبار و كذلك عمق المياه لهذه المواقع (WD عمق المياه).

وبالمقابل أعلنت قبرص اكتشاف حقل أفروديت باحتياطي قارب (27) تريليون قدم مكعب ونلاحظ أن كل الاكتشافات البحرية المهمة كانت في حوض المشرق القريب من المياه الإقليمية السورية واللبنانية والقبرصية وتعتبر هذه المناطق جميعها ذات مأمولية نفطية وغازية.

وسنتناول الاكتشافات البحرية في مصر و لبنان و سوريا بشئ من التفصيل:

1-2-5: جمهورية مصر العربية:

تعتبر دلتا النيل والمياه العميقة شرق المتوسط الشمالي (المقابلة للدلتا) امتيازاً استثنائياً هاماً حصلت عليه شركة (Shell) في المياه العميقة تبلغ مساحتها (41500 km2) في عام

(1998) وبعد إجراء مسح سايزمي (2D ثنائي الأبعاد) و (3D ثلاثي الأبعاد) ثبت وجود الغاز في بئرين في الصخور الرملية وبلغ التقدير الأولي لهذا الاحتياطي الذي اكتشفته شركة شيل على الأقل (420) مليون متر مكعب من الغاز وأكثر من بليون برميل من النفط ، وتمت مناقصة دولية حصلت من خلالها شركة (Statoil) على رخصة للعمل في بلوكين مياه عميقة غربي دلتا النيل وتبلغ المساحة الإجمالية لهذين البلوكين ما يقارب (18000 km2) ويتراوح عمق المياه مابين (3000 m – 1000 m).

2-2-5: لبنان:

دخلت شركة (PGS) في اتفاق حصري مع وزارة الطاقة والمياه من أجل الحصول على حق إجراء مسح سايزمي (2D) وتتضمن المرحلة الأولى (1500 Km2) والتي تم الحصول عليها خلال كانون الأول (2006) ولغاية كانون الثاني (2007) وينفذ المسح ضمن المياه العميقة ولغاية (1500 m).

ويبلغ مجموع الأحواض اللبنانية البحرية حوالي (2500 Km2) ولكن حتى الآن لم يتم حفر آبار في تلك المنطقة ولكن ينظر إلى هذه الأحواض على أنها ذات مأمولية لأن المعلومات في آبار اليابسة والاكتشافات البحرية في فلسطين المحتلة أشارت إلى وجود صخور أم وخازنة ومغطية ووجود العديد من الشواهد الهيدروكربونية.

3-2-5: الجمهورية العربية السورية:

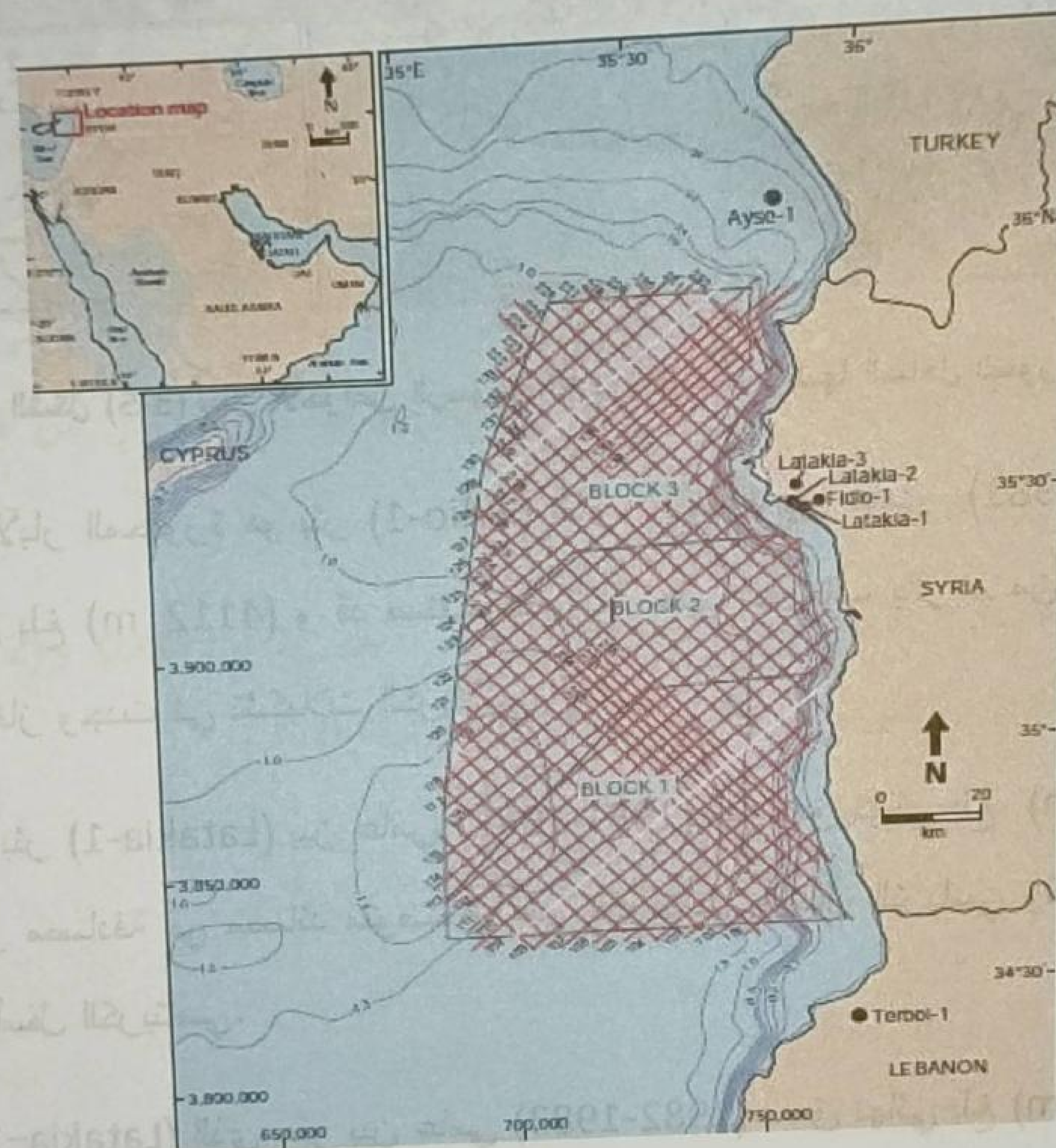
كانت الجمهورية العربية السورية تنوي الإعلان عن أول مناقصة امتياز بحري في أوائل عام (2007) وتم النظر إلى هذا على أنه حدث تاريخي لأن القطاع البحري السوري لغاية الآن أرض عذراء وهناك معلومات محدودة عن الوضع الجيولوجي والتركيبي.

وقد قامت الوزارة والشركة السورية للنفط بتقسيم المنطقة البحرية إلى ثلاث بلوكات ، الشكل (2-5) وعيت الشركات الدولية للنفط والغاز للتقدم إلى المناقصة للاستكشاف والإنتاج وفق اتفاقيات تقاسم الإنتاج.

وقامت الشركة النرويجية السايزمية بالتعاون مع السلطات السورية بالحصول على معلومات سايزمية من خلال مسح (5000 km2) مسحاً (2D) استعداداً لمناقصة الترخيص القادمة و قد قامت شركة (Sagex) بالنيابة عن تلك الشركة بعملية تفسير المعطيات وتقديم تقرير التفسير بناءاً على المعلومات الجيولوجية والجيوفيزيائية المتوفرة.

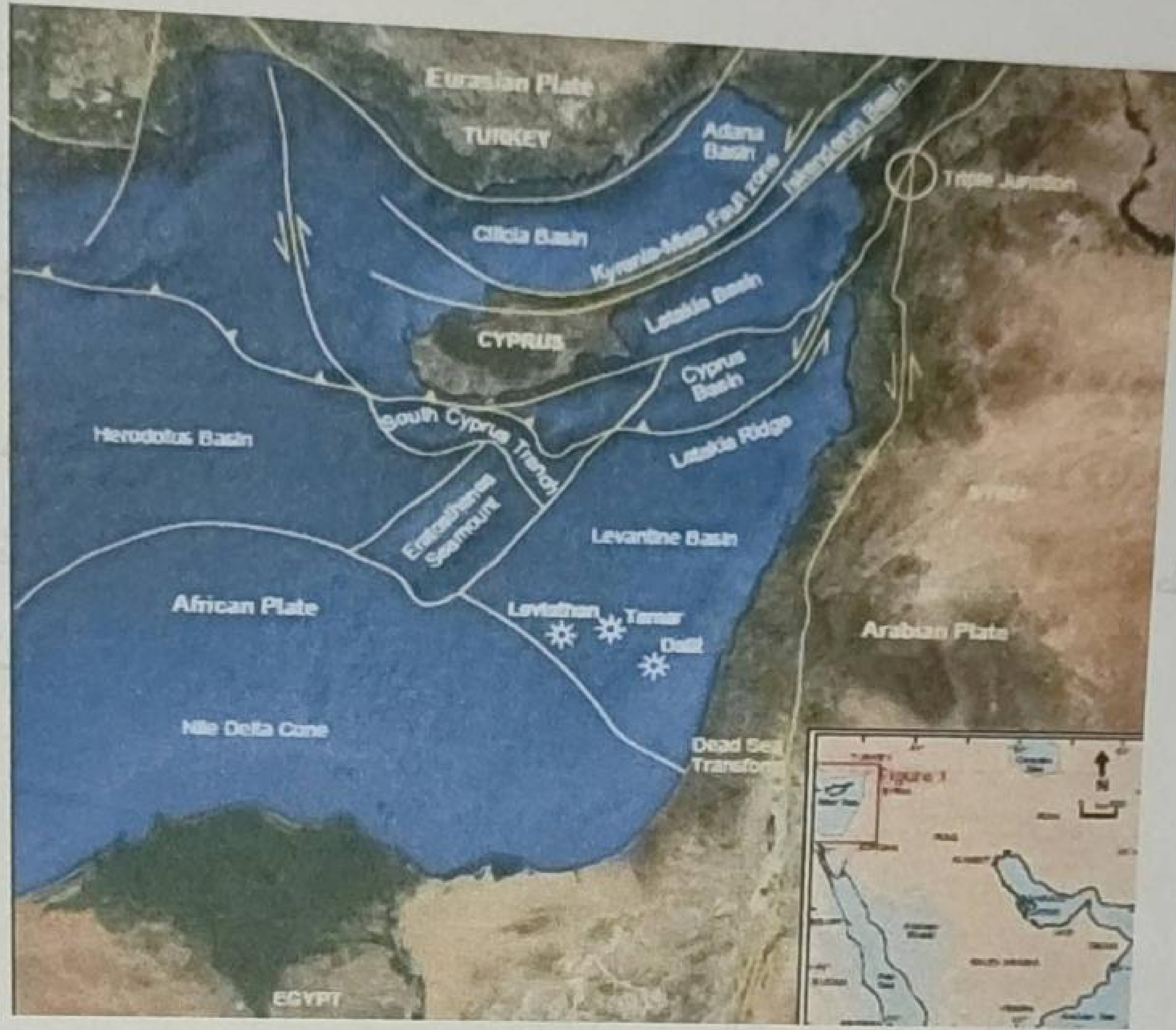
وقد تم وضع خريطة لأربعة أحواض رسوبية بحرية في سوريا وهي: حوض المشرق والحوض القبرصي وحوض اللاذقية وحوض الإسكندرون وهذا الأخير يمتد إلى داخل تركيا كما في الشكل (5-3).

و قد تم تحديد عدد كبير من المصائد التركيبية والستراتيغرافية وربما لعب الملح دوراً هاماً كصخر غطائي وتتضمن آليات تشكل المصائد مصائد تركيبية مرتبطة بالانضغاط والفوالق العادية و طيات محدبة كبيرة.



الشكل (5-2) يبين البلوكات الثلاثة التي تم تقسيم الساحل السوري إليها بالإضافة إلى موقع الآبار (Fidio-1)،(Latakia–1)،(Latakia-2)،(Latakia-3)

وبالرغم من عدم وجود آبار محفورة في المياه الإقليمية السورية لكن هناك أربعة آبار محفورة على الشواطئ السورية شرقي مدينة اللاذقية على بعد حوالي (5 km) من الشاطئ السوري و هذه الآبار هي: بئر (Fidio-1) و(Latakia-1) و (Latakia–2) والمحفورة في حوض اللاذقية ، وبئر (Latakia-3) المحفور إلى الأعلى من منطقة اللاذقية.



الشكل (5-3) يبين الأحواض الرسوبية الأربعة التي قسم إليها الساحل السوري

وأول هذه الآبار المحفورة هو بئر (Fidio-1) الذي تم حفره بين عامي (1981–1980) مع عمق نهائي بلغ (4112 m) و قد صنف هذا البئر على أنه جاف بالرغم من وجود كميات قليلة من الغاز وجدت في تشكيلات الكريتاسي الأدنى.

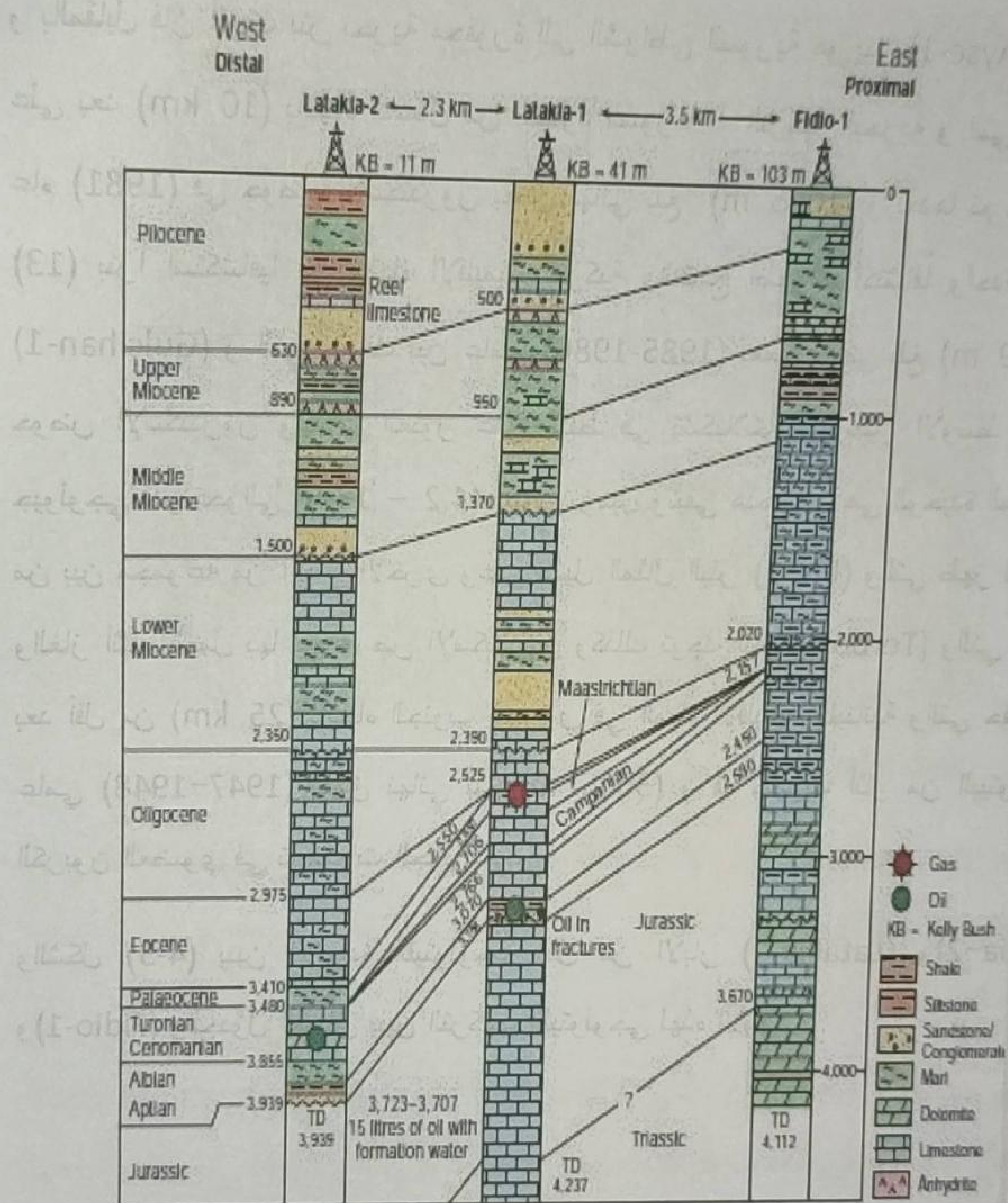
ثم تم حفر بئر (Latakia-1) بين عامي (1982-1981) مع عمق نهائي بلغ (4237 m) وقد ظهر الغاز مصادفة في مصائد متوضعة أعلى الكريتاسي وأسفل الترياسي وكذلك فقد ظهر النفط في أسفل الكريتاسي.

ثم بئر (Latakia–2) الذي حفر بين عامي (1983-1982) بعمق نهائي بلغ (3939 m) وقد وجد الغاز في الإيوسين و الأوليغوسين وكذلك فقد وجد النفط الثقيل والغاز في كربونات الكريتاسي الأعلى.

و بئر (Latakia-3) الذي حفر إلى الشمال من منطقة اللاذقية بين عامي (1984–1983) بعمق نهائي بلغ (4325 m) و الذي أعلن أنه جاف بالرغم من أن النفط الثقيل قد ظهر في أعمق قطاع من البئر و كذلك ظهر الغاز في تشكيلات الأوليغوسين و الإيوسين.

و بالمقابل فإن أقرب بئر بحرية محفورة إلى الشواطئ السورية هو بئر (Ayse-1) والتي تقع على بعد (10 km) باتجاه الشمال من الحدود السورية – التركية البحرية و التي حفرت في عام (1981) في حوض الإسكندرون بعمق نهائي بلغ (1675 m) و بعدها تم حفر حوالي (13) بئراً استكشافياً في المياه الإقليمية التركية والنتائج أظهرت اكتشافاً واحداً وهو بئر (Gulcihan-1) و التي حفرت بين عامي (1985-1986) بعمق نهائي بلغ (4699 m) في حوض الإسكندرون وقد تم العثور على النفط في تشكيلات الميوسين الأوسط باحتياطي جيولوجي قدر بحوالي (13.5 – 4.2) مليون برميل وتبقى هذه البئر هي الوحيدة المعلن عنها من بين مجموعة من الآبار الأخرى وعلى سبيل المثال البئر (Efe-1) والتي ظهر فيها النفط والغاز أثناء العمل بها في حوض الإسكندرون وكذلك توجد البئر(Terbol-1) والتي تقع على بعد أقل من (25 km) باتجاه الجنوب السوري في المياه الإقليمية اللبنانية والتي حفرت بين عامي (1948–1947) بعمق نهائي بلغ (3065 m) و قد ظهرت أثار من البيتومين مع الكربون العضوي في توضعات الجوراسي.

والشكل (4-5) يبين الأعمدة الليتولوجية لكل من الآبار (Latakia-1) و(Latakia–2) و(Fidio-1) والجدول المرفق يبين التركيب الليتولوجي لهذه الآبار:



الشكل (4-5) الأعمدة الليتولوجية للآبار (Latakia-1) و (Latakia–2) و (Fidio-1)

اسم البئر / العصر	(Fidio-1)	(Latakia-1)	(Latakia–2)
البليوسين	تشكيلات من المارل مع تداخلات كلسية ورملية	سماكات من الطبقات الرملية ثم تعاقبات من المارل والكلس والرمل	تعاقبات من الشيل والمارل ثم سماكات من الرمل والكونغلوميرا

الميوسين الأعلى	يتابع المارل مع تداخلات كلسية وبدون الرمل	سماكات قليلة من الإنهدريت ثم تعاقبات من المارل وتداخلات كلسية	تعاقبات من الإنهدريت والمارل والشيل
الميوسين الأوسط	تعاقبات من المارل والسيلت مع سماكات قليلة من الكلس	رمل ثم مارل مع تداخلات كلسية	تعاقبات من المارل والسيلت والرمل والكلس
الميوسين الأدنى	سماكات كبيرة جداً من الكلس الغضاري	سماكات كبيرة من الكلس مع تعاقبات من المارل مع الرمل	تعاقبات من الكلس والمارل
الأوليغوسين	سماكات قليلة من الكلس الغضاري	توضعات كلسية	تعاقبات من الكلس والمارل مع سماكات من الكلس الغضاري
الأيوسين	تعاقبات من الكلس مع الكلس الغضاري	صخور كلسية مع وجود شواهد على الغاز	الكلس مع الكلس الغضاري
باليوسين	الكلس الغضاري	سماكات من الكلس	سماكات قليلة من المارل
تورنيان وسينومانيان	الكلس الغضاري	صخور كلسية	صخور كلسية ودولوميتية مع شواهد نفطية
ألبيان	الكلس الغضاري	الشيل مع شواهد على وجود النفط	تعاقبات من المارل والشيل
الجوراسي	تعاقبات من الكلس الغضاري والكلس والدولوميت	سماكات كبيرة جداً من الصخور الكلسية	سماكات قليلة من الرمل
الترياسي	سماكات من الدولوميت مع تداخلات غضارية	سماكات كبيرة من الكلس	-------------- ------

و تعتبر كل هذه الوقائع والاكتشافات البحرية القريبة دليلاً على إمكانية الحصول على كميات تجارية من النفط و الغاز قبالة السواحل السورية ولذلك و في عام (2013) تم توقيع العقود لبدء أعمال الاستكشاف و التنقيب والإنتاج و تطويره في بلوكين من الساحل السوري بمساحة (70 km × 30 km) لصالح شركة سيوزنفتاغاز الروسية.

4-2-5: الاكتشافات البحرية في المملكة العربية السعودية:

1- حقل السفانية:

وهو أكبر حقل نفطي مغمور تحت مياه البحر في العالم و يقع شمال شرق الجزيرة العربية في الخليج العربي و يبلغ طوله (50 km) وعرضه حوالي (15 km) تم اكتشافه عام (1951) من قبل شركة تكساكو (Texaco) و بدأ الإنتاج منه في عام (1957) وتم تقسيمه إلى ثلاثة أقسام: السفانية الشمالية و الوسطى و الجنوبية و بلغ إنتاج هذا الحقل يومياً (1.2) مليون برميل غير أن هذا المعدل انخفض إلى (630) ألف برميل يومياً في عام (1988) ويبلغ حالياً (500) ألف برميل يومياً أو أقل.

و تشترك شركة النفط العربية المشتركة بين السعودية و الكويت في جزء بسيط من الجزء الشمالي من هذا الحقل إذ لا يزيد حجم الإنتاج منه لصالح الشركة عن(300) ألف برميل يومياً.

2- حقل المرجان:

تم اكتشافه عام (1967) و يبلغ إنتاجه (250) ألف برميل يومياً.

3- حقل الظلوف:

وهو يقع في منطقة السفانية إلى جوار حقل المرجان و تم اكتشافه عام (1965) و يبلغ إنتاجه (500) ألف برميل يومياً.

5-2-5: الاكتشافات البحرية في قطر:

1- حقل العد الشرقي:

تم اكتشافه عام (1960) و يعد الحقل الثاني من حيث الاكتشاف في قطر والأول في المياه الإقليمية القطرية و يقع على بعد (80 – 85 km) شرق الساحل الشرقي لقطر و قد بدأ الإنتاج من هذا الحقل عام (1964) و قد بلغ معدل الإنتاج من هذا الحقل في عام (2006) إلى ما يقارب (144) ألف برميل يومياً في القبة الشمالية أما في القبة الجنوبية فقد بلغ (8) آلاف برميل.

2– حقل بو الحنين:

تم اكتشافه عام (1964) وأصبح تابعاً لقطر منذ عام (1969) باتفاق قطر وأبوظبي برسم حدودهما البحرية و توزيع الجزر في المنطقة الحدودية وهو من أوسع الحقول البحرية حيث تبلغ مساحته تقريباً ($80\ km^2$) و قد بلغ معدل الإنتاج منه في العام (2003) حوالي (67.8) ألف برميل يومياً.

3– حقل البندق:

تم اكتشافه عام (1964) و مساحته تبلغ حوالي ($20\ km^2$) و يقع على خط الحدود البحرية بين قطر و أبو ظبي و يتم تقسيم الإنتاج بينهما.

5-2-6: الاكتشافات البحرية في الإمارات العربية المتحدة:

1– حقل مبارك:

يعتبر حقل مبارك من أكثر الاكتشافات البحرية غزارة في الإنتاج في المنطقة و قد بدأ الإنتاج من هذا الحقل في عام (1974) و قد بلغ إجمالي الإنتاج حتى الآن ما يزيد عن (100) مليون برميل من النفط و يمتلك هذا الحقل مستلزمات للإنتاج ذات قدرة عالية على معالجة (60) ألف برميل يومياً و خطوط أنابيب لتصدير الغاز يمكنها تصدير (150) مليون قدم مكعب يومياً و تزيد الاستثمارات في حقل مبارك عن (500) مليون دولار.

5-2-7: الاكتشافات البحرية في بحر الشمال:

تقع الاحتياطات الرئيسية الأوروبية و التي تصل إلى (17) بليون برميل تحت بحر الشمال وتمتلك هذه الاحتياطات بصورة رئيسية كل من بريطانيا و النرويج و من أهم الحقول البحرية

في بحر الشمال نذكر حقل إيكو فيكس النفطي و يتبع هذا الحقل للنرويج و ينتج حوالي (200) ألف برميل يومياً.

5-2-8: الاكتشافات البحرية في بحر قزوين:

أهمها حقل تنجيز والذي يعتبر ثاني أكبر حقول النفط في العالم و يقع في مستنقعات الشاطئ الشمالي شرق البحر في كازاخستان و من المنتظر أن تبدأ أذربيجان في استخراج خمسة مليارات متر مكعب سنوياً من الغازات الطبيعية من خمسة حقول و هي (شبراق– أذري – جونشلي– شاه دنير– بيد الله) من بين ثمانية و أربعين حقلاً بحرياً كان من المنتظر أن تبدأ في الإنتاج في نهاية شهر آب من عام(2001) ليبلغ بذلك ما تنتجه (10 - 15) مليار متر مكعب من الغاز الطبيعي في السنة الواحدة و إذا أضفنا بالاعتبار الكميات المنتجة من نفس البحر من قبل إيران و تركمانستان و كازاخستان يكون لدينا حوالي (70 - 80) مليار متر مكعب تنتج بشكل سنوي من بحر قزوين.

5-2-9: الاكتشافات البحرية في فنزويلا:

حفرت أول بئر تحت سطح الماء في بحيرة ماراكيبو في فنزويلا عام (1924) و كان معدل تدفق النفط منها بحدود (100) ألف طن سنوياً و في عام (1939) تم استكمال حفر ألفي بئر في هذه البحيرة وحدها بمعدل إنتاج بلغ (33) ألف طن يومياً.

5-2-10: الاكتشافات البحرية خليج المكسيك:

يوجد تحت مياه الخليج أهم حقول الغازات الطبيعية في العالم وعلى مدى سنوات عدة امتدت الآلاف من الآبار على سواحل خليج المكسيك الضحلة والتي توفر (20%) من الغاز الطبيعي الذي تستهلكه الولايات المتحدة الأمريكية و لكن الطلب يزداد يوماً بعد يوم و الآبار في الخليج تعمل بأقصى طاقاتها.

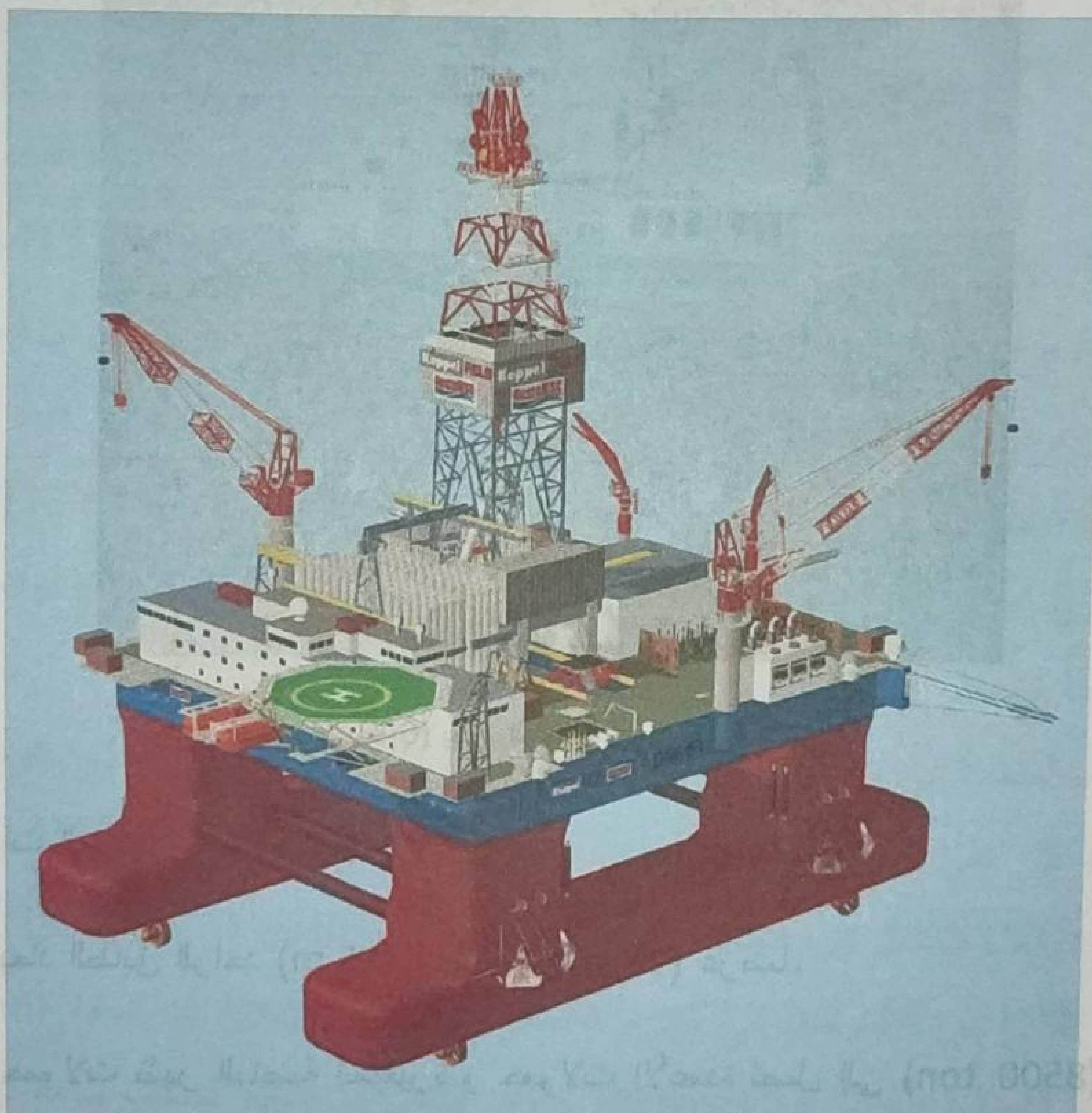
ولكن في المياه العميقة على عمق حوالي(3000 m) تحت سطح الماء وأربعة كيلومترات من قاع البحر توجد احتياطات هائلة من الغاز و النفط وهناك مشروع حديث لاستخراج هذه الاحتياطات الهائلة يسمى بمشروع الاستقلال و الهدف من هذا المشروع هو حفر آبار و إنشاء

منصة معالجة مركزية و مد شبكة أنابيب لربط الآبار مع بعضها و التحكم بها و أنبوب بطول يصل إلى(216 km) لنقل الغاز من محطة المعالجة المركزية إلى الشاطئ حيث يباع.

3-5: أهم المنصات الحديثة المستخدمة في الحفر البحري:

1-3-5: المنصة (DSS^{TM}51):

و هي منصة حديثة مصممة و مطورة من قبل مجموعة (Keppel) للتقنيات البحرية والمعروفة اختصاراً (DTG) و مجموعة المستشارين البحريين (BV)، من أجل المياه العميقة مقابل الشواطئ البرازيلية و خليج المكسيك وغرب أفريقيا و جنوب شرق أسيا ، الشكل(5-5).



الشكل (5-5) يبين المنصة DSS^{TM}51

و هذه المنصة تعتبر من المنصات الفعالة و نصف المغمورة و الديناميكية التوضع و هي مزودة بنظام رفع ثنائي مناسب لأعمال الاستكشاف و الحفر و التطوير بالإضافة إلى العمليات المساعدة.

و هي منصة حفر جاهزة و كاملة من أجل العمليات التشغيلية و أعمال الصيانة و هي على درجة عالية من الأمان و مصممة لحفر آبار على عمق يصل إلى (10000m) و هي تعمل حتى عمق (3000m) في المياه العميقة و الظروف القاسية.



الشكل (5-6) يبين المنصة في وضعية العمل

أهم مميزات المنصة ($DSS^{TM}51$):

1 - أبعاد الطابق الواحد (78.5 m) طولاً و (78 m) عرضاً.

2 - حمولات ظهر المنصة المتغيرة و حمولات الأعمدة تصل إلى (8500 ton) فيكون الحمل الصافي الكلي(13500 ton).

3 - مجهزة بمولدة كهربائية على سطح المنصة مزودة بسبعة محركات ديزل بقدرة تصل إلى (38720 kw) بالإضافة إلى مولد احتياطي يستخدم في الحالات الطارئة بقدرة تصل إلى (1250 kw).

4 - رافعتين كهربائيتين على الجانبين الأيمن و الأيسر من الوحدة بقدرة (60 t/20 m) و(40 t/20 m). و رافعتين كهربائيتين إضافيتين محوريتين بقدرة (30 t---12 t) .

5 - نظام رفع ديناميكي كامل قادر على العمل حتى($2500000\ lb_s$).

6 - يوجد على سطح المنصة منضدة رحوية و رأس هيدروليكي قائد ومجموعة الرفع من ملفاف باستطاعة تصل إلى (6900 horse) ومنظومة بكرات وهي مزودة بمضخات لسائل الحفر باستطاعة تبلغ (2200 horse).

7 - منشآت بشرية تتسع إلى أكثر من (180) عامل.

2-3-5: المنصة (Troll A):

تعتبر هذه المنصة من أعلى المنصات في العالم و أثقلها حيث يبلغ ارتفاع هذه المنصة حوالي (472 m) (1549 feet) وتزن (683600 ton) تقريباً و يصل وزنها إلى (1.2) مليون طن عند تعبئة قوائمها بالماء ، و تتوضع على القاع بعمق (303m) (994 feet) عن سطح البحر وتنغرس قوائمها إلى ما يزيد عن (36 m) في قاع البحر بتأثير وزنها الذاتي فقط وقد بنيت لتتحمل الضغوط المرتفعة و الأمواج العالية التي يزيد ارتفاعها عن (30 m) وقد بناها المهندسون على بعد (300 km) تقريباً من حقل الغاز الذي تتوضع فوقه قبالة السواحل النرويجية في بحر الشمال.

بدأ بناء المنصة في شهر تموز من العام (1991) ، حيث تم بناء كل من القوائم وسطح المنصة كل على حدة، وتم جمعهما عام (1995) بينما كانت القوائم المفرغة من الداخل مغمورة بالماء بالكامل تقريباً.سحبت هذه المنصة إلى بحر الشمال في عام (1996) لأكثر من (200 km) من الأحواض في الجزء الشمالي لـ (Rogaland) ثم مسافة (80km) إلى المنطقة الشمالية الغربية لـ (Bergen) ، وقد استغرقت عملية السحب سبعة أيام ، ويتم تشغيلها من قبل شركة (Statoil) .

وقد تم بناء المنصة والأرجل من الاسمنت المسلح، وجدران أرجل هذه المنصة ذات سماكة حوالي(2 m) لتكون قادرة على مقاومة الضغط الكبير الذي تتعرض له أثناء و جودها في الماء حيث يمكن أن يبلغ هذا الضغط حوالي($380000\ kg_f/m^2$) و لزيادة مقاومتها للضغط

تم بناء القوائم التي يزيد ارتفاعها عن (300 m) بتقنية التشكيل الانسيابي أي تم بناء القوائم ككتلة إسمنتية واحدة فقد قامت الروافع أثناء الإنشاء بتوزيع الاسمنت على اسطوانات الدعم للحصول على استمرارية في الجدران و استغرق بنائها حوالي عام كامل و تم استخدام ما يزيد عن ($245000\ m^3$) من الإسمنت المسلح من أجل الحصول على البنية المناسبة بتكلفة إجمالية زادت عن (16) مليار دولار أمريكي.



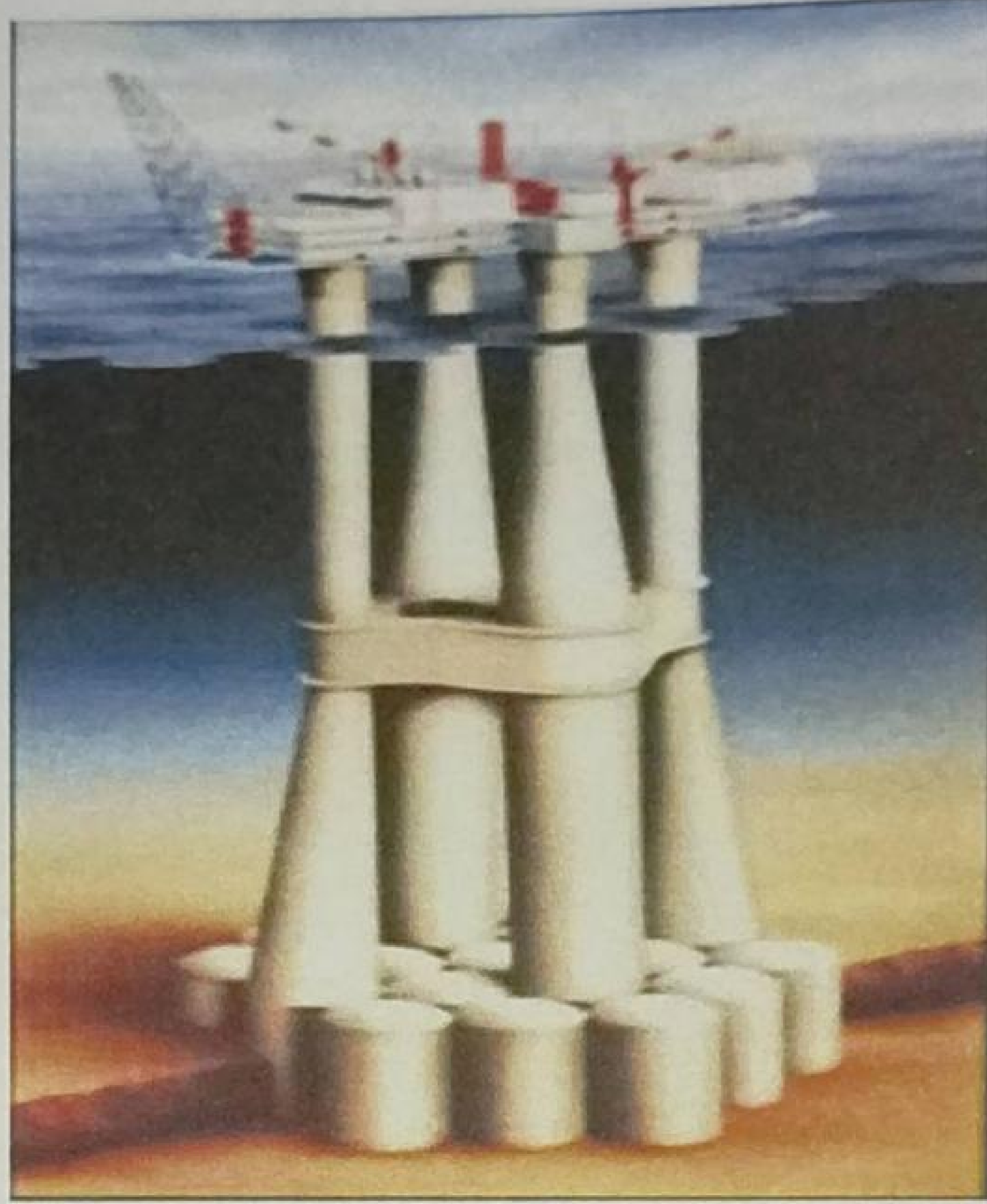
الشكل (5-7) يمثل المنصة Troll A

ولكن واجه المهندسون أثناء بناء هذه المنصة مشكلة كبيرة تهدد بانهيار المنصة بالكامل ألا وهي حادثة الطنين (صدى الرنين) و الناتج عن آلاف الأمواج التي تصطدم بالمنصة كل عام و التي إذا اتفق ترددها مع التردد الرئيسي للمنصة يمكن أن تؤدي إلى نتائج كارثية و للتغلب على هذه المشكلة قام المهندسون بوضع طوقٍ خاصٍ لتقوية المبنى يمسك حتى منتصف القوائم وبذلك فإن قوائم المنصة سوف تهتز بترددات عالية لا يمكن للأمواج أن توافقها.

إحدى أرجل هذه المنصة يحتوي على مصعد يستغرق حوالي (9) دقائق للانتقال من السطح إلى القاع .

ولتثبيت هذه المنصة في القاع تم تزويدها بتسعة عشرة أنبوباً لسحب الهواء في أسفل قوائمها وهذه الأنابيب هي بشكل فنجانٍ مقلوب تحتوي على صمامات في جزئها العلوي لتفريغها أثناء

نزولها في القاع ثم يتم إغلاق هذه الصمامات و بذلك فإن المنصة ستثبت في القاع بحيث أن أقوى الأمواج لن تحركها.



الشكل (5-8) يمثل شكلاً كاملاً للمنصة و يبين طوق التقوية

في خريف عام (2010) تم توسيع المنصة بشكل جديد يحتوي على أقسام سكنية وغرف تحكم جديدة ، وهذه الغرف بالإضافة إلى الوسائل الموسعة بحاجة إلى دعم ضواغط جديدة ، هذه الضواغط مطلوبة بسبب انخفاض الضغط في المكمن.

في الثامن عشر من شهر حزيران من العام (2013) تم رفع نوع جديد (M12) للضواغط الثالث والرابع على سطح المنصة ، ولكن استهلاك الكهرباء المتزايد لهذه الضواغط تتطلب مد أسلاك كهرباء جديدة من الشاطئ ، وهذا يعني انقطاع الطاقة عن المنصة في حال حدوث أي طارئ لشبكة الكهرباء على الشاطئ.